

Ueber die Natur des Lichts, nach den neuesten Forschungen und Theorien.

Schon vor mehr als zwei Jahrtausenden hat ein griechischer Philosoph den zwar etwas verhüllten und unentwickelten, aber gleichwohl tief gehaltreichen Gedanken ausgesprochen¹⁾: „Die Sonne ist die Ursache des Gesichts, und die Ursache nicht nur, daß die Dinge im Licht gesehen werden, sondern auch, daß sie wachsen und werden“²⁾.

Seitdem — und namentlich seit Anfang unsers Jahrhunderts — haben die Naturwissenschaften unermessliche Fortschritte gemacht, unendliche Bereicherungen an Thatsachen und Ergebnissen daraus erfahren, und unvergleichliche Erfolge erzielt. Doch gleichwohl kommen auf jedem Gebiet der Naturwissenschaft — wie jeder wissenschaftlichen Forschung — immer wieder dunkle Partien, unaufgehellte Erscheinungen und ungelöste Fragen vor. Zu diesen zählt auch die Erscheinung des Lichts.

Obgleich viele Physiker seit einigen Jahrzehenden sich daran gewöhnt haben, die Frage, über das Wesen des Lichts, durch die Aethertheorie, als eben so abgethan zu betrachten, wie die Mathematiker die Quadratur des Kreises als erledigt ansehen, so können wir dieser Ansicht nicht beipflichten. Und diesen Forschern mögen zunächst die Worte P. Secchi's in der Einleitung zu seinem neuesten Werk³⁾ entgegen gehalten werden, wie folgt: „Vielleicht, daß es

1) Platon. Republik VI. Deutsch von Schleiermacher; und im Timäus wird des Auges im Verhältniß zur Sonne ausführlicher erwähnt.

2) H. Helmholtz, einer der berufensten gegenwärtigen Naturforscher sagt in seiner Schrift „Wechselwirkung der Naturkräfte“, Königsberg 1854, S. 36: „Wenn sich diese Ansicht (von der chemischen Wirkung der Sonnenstrahlen auf die grünen Pflanzentheile und ihrer Aequivalenz) bestätigt, so ergibt sich daraus für uns das schmeichelhafte Resultat, daß alle Kraft, vermöge deren unser Körper lebt und sich bewegt, ihren Ursprung direct aus dem reinsten Sonnenlichte herzieht, und wir alle also an Adel der Abstammung dem großen Monarchen des chinesischen Reichs, der sich sonst allein Sohn der Sonne nennt, nicht nachstehen. Aber freilich theilen diesen ätherischen Ursprung auch alle unsere niedern Mitgeschöpfe, die Kröte und der Blutegel, die ganze Pflanzenwelt, und selbst das Brennmaterial, urweltliches wie jüngst gewachsenes, was wir unsern Oefen und Maschinen zuführen“.

3) P. A. Secchi. Die Sonne. Deutsch von Schellen. Braunschweig 1872. I. Abth. S. X.

der gegenwärtigen Generation doch noch gelingt, den Schleier zu zerreißen, mit welchem die Sonne so geschickt ihre Geheimnisse verhüllt und das Dunkel zu zerstreuen, mit welchem dies hellleuchtende Gestirn seine wunderbaren Arbeiten zu verdecken weiß; gegenwärtig aber können wir aller aufgewandten Arbeit und alles Vordringens ungeachtet nur sagen, daß wir im Kampfe mit der Natur, die Geheimnisse der Sonnenkräfte zu durchdringen, den Sieg noch nicht errungen haben“.

Es ist daher Zweck der nachfolgenden Blätter, die neuesten naturwissenschaftlichen Forschungen und Theorien, so weit sie die Lichtlehre berühren, vergleichend in Betracht zu ziehen, um dadurch vielleicht dem Wesen des Lichts selbst näher zu treten. —

Diese Betrachtung legt sich in folgende 5 Abschnitte auseinander:

- I. Rückblick auf G. Galilei, J. Newton und W. Herschel;
- II. Wellentheorie beim Licht;
- III. Transformations-, Meteor- und Verdichtungs-Theorien;
- IV. Spectral-Analyse und Sonnenphysik;
- V. Der Welt-Aether.

Anmerk. Die Figuren sind theilweise den Werken von Kirchhoff, Schellen-Secchi entnommen.

Da diese Arbeit zu umfangreich geworden für den engbemessenen Raum des Programms, auch nicht wohl sich kürzer fassen ließ, so sind die beiden letzten Abschnitte IV. und V. bloß gedruckt, weil diese, auch dem Ganzen entnommen, am meisten für sich verständlich und einem größern Leserkreise zugänglich sind.

IV. Spectral-Analyse und Sonnenphysik.

Als der Naturforscher Pallas vor hundert Jahren (1771) eine Reise durch Sibirien machte, wurde ihm zufällig eine eigenthümliche Eisenmasse in die Hände gespielt von dem ungewöhnlichen Gewicht von 1400 Pfd., welche ein Kojak einige Jahre vorher in der Nähe des Jenisei-Flusses gefunden haben sollte. Die chemische Untersuchung ergab darin: Eisen, Nickel, Kobalt, theils in oxydirtem Zustande, sowie Magnesia und Kieselerde. Diese Eisenmasse erwies sich bald als Meteorstein, und wurde, als Repräsentant der Meteorsteine, die Grundlage für Chladni's Theorie von den Sternschnuppen und Feuerkugeln. Chladni veröffentlichte nämlich 1794 eine kleine Schrift „über den Ursprung des von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlichen Eisenmassen“¹⁾, und überraschte darin die Welt mit der Ansicht, daß Meteorsteine, Sternschnuppen, Feuerkugeln kosmischen Ursprungs seien, kleine mit planetarischer Geschwindigkeit sich bewegende Massen, und nicht, nach alter Ansicht, Gebilde der Atmosphäre oder des Mondes. A. v. Humboldt sagt daher mit Recht im Kosmos²⁾: „obgleich seit dritthalb Tausend Jahren die Annalen der Völker von Steinfällen erzählen — so ist doch bis auf Chladni — ein so großes kosmisches Phänomen fast unbeachtet, in seinem innigen Zusammenhange mit dem übrigen Planetensystem unerkannt geblieben“. — Heut zu Tage liefern die Meteorsteine die lebendigen Zeugen für die Richtigkeit der Behauptung, welche wir theoretisch schon erschließen können, daß nämlich alle Körper unsers Planetensystems (die Sonne eingeschlossen) aus den nämlichen Stoffen gebildet sind, wie unsere Erde. Ob die Sonne auf gleicher Linie mit den Planeten stehe, d. h. dieselben Stoffe als die Erde enthalte, wurde indeß immer noch einigermaßen beanstandet. — Da hat denn die Spectral-Analyse auf überraschende Weise die fehlende Lösung dieses Räthfels gegeben. Ohne uns auf die Spectral-Analyse einzulassen — da darüber die bessern Lehrbücher der Physik, oder besondere Schriften, wie z. B. das treffliche Buch von Schellen³⁾, Belehrung geben — müssen wir doch das zum Verständniß Nothwendige heraus heben. — Bunsen und Kirchhoff, zwei deutsche Naturforscher, begannen 1859 ihre Untersuchungen über die Spectren farbiger Flammen⁴⁾. Ihrem Scharfsinn ist es gelungen, die Mittel und Wege zu bestimmen, um jenen alten, seit Jahrtausenden bestehenden Fragen näher zu treten; woraus nämlich bestehen jene glänzenden Gebilde am Himmel, die Fixsterne, und woher wird ihnen das Licht?? — Zur bessern Orientirung, und um den Boden genauer kennen zu lernen, auf welchem die genannten Physiker beim Beginn ihrer Arbeit standen, müssen wir indeß noch einige Thatsachen, das Sonnenspectrum betreffend, nachtragen. Im Jahre 1802 entdeckte der Engländer Wollaston bei der Untersuchung des Sonnenspectrums mittelst eines Fernrohrs, daß dasselbe keineswegs ein ununterbrochener Lichtstreifen, mit Roth an dem einen und Violett an dem andern Ende, und bei welchem die Farben nach und nach ineinander übergehen — sondern, daß es vielmehr durch völlig dunkle Zwischenräume unterbrochen sei. Dieselben Erscheinungen wurden unabhängig von Wollaston und ohne Kenntniß seiner Entdeckung, in allen ihren Einzelheiten, mit größter Schärfe und Genauigkeit, wie sie Talent und große Hülfsmittel an Instrumenten (Fernröhren und Prismen) nur gewähren

1) W. Bernhardt. Ernst Chladni. Der Akustiker. Wittenberg 1856. S. 57.

2) Kosmos. Bd. I. S. 140.

3) Sch. Spectral-Analyse. 2. Aufl. 2 Bde. Braunschweig 1871.

4) G. Kirchhoff. Untersuchungen über das Sonnenspectrum u. s. w. 2te Ausg. 2 Theile. Berlin 1862. S. 9.

konnten, von dem berühmten Optiker (nachher Prof. und Akademiker) Fraunhofer in München untersucht und das Ergebnis von 1814 an bekannt gemacht⁵⁾. Man bedarf zu dem Ende eines überaus reinen Spectrums, und diese Eigenschaft hängt besonders von der mehr oder weniger vollkommenen Reinheit des Glases im Prisma ab. Daher Fraunhofer als der ausgezeichnetste Optiker seiner Zeit ganz ungewöhnlich zu solchen Untersuchungen befähigt war. — Nach F. hat nun das Sonnenspectrum das Ansehen eines gestreiften Bandes, welches, auf unregelmäßige Art, in der Richtung der Breite von einer außerordentlich großen Anzahl dunkler, oder völlig schwarzer, Streifen durchkreuzt wird. Aber nicht Folge des Zufalls ist diese Unregelmäßigkeit der Vertheilung. Vielmehr liegen die Streifen, unter sonst gleichen Umständen, d. h. — vorausgesetzt, daß man Sonnenlicht verwendet und die angewandten Prismen aus gleichem Stoff bestehen — immer an einerlei Stelle des Spectrums, behalten auch dieselbe gegenseitige Lage und Ordnung und dasselbe Verhältniß in Breite und Dunkelheit, wann und wo sie auch hervorgerufen werden. — Fraunhofer hat durch mikrometrische Messungen, mittelst eines Prismas aus dem äußerst bewährten Flintglas eigner Fabrik, eine Anzahl von etwa 500 dunklen Streifen im Sonnenspectrum beobachtet und ihre Lage genau festgestellt. Aus diesen hat er acht ausgewählt, welche die größte Deutlichkeit besitzen und am leichtesten wieder erkannt werden können, und sie mit den Buchstaben A, B, C . . . G, H bezeichnet, um dadurch feste Vergleichungspunkte im Spectrum zu gewinnen. **Fig. 11** giebt eine Anschauung davon, allerdings nur mit dem kleinsten Theil der dunklen Linien. Man wird leicht bemerken, daß die drei ersten dieser Linien im Roth, D im Orange, E am Uebergange von Gelb in Grün, F im Grün, G im Blau, H im Violett liegen. — Mit der Vergrößerungsstärke des Fernrohrs, durch welches man das Spectrum betrachtet, wächst auch die Anzahl der dunklen Streifen, deren man jetzt über 2000 ihrer Lage nach bestimmt hat. Daß dabei dann manche ursprünglich einfache Linien sich in doppelte oder dreifache dunkle Linien (Liniengruppen) auflösen, ist erklärlich, wie z. B. D im Orange eine solche Doppellinie ist. Die Entstehungsweise und das wahre Wesen dieser dunklen Linien blieb bis auf Kirchhoff und Bunsen unbekannt, obwohl Foucault 1849 und Angström 1855 durch Arbeiten über die Absorption der Lichtstrahlen schon mehrere schätzenswerthe Beiträge dazu geliefert hatten. — Unsere weitere Betrachtung knüpfen wir jetzt an einiges Thatsächliche aus den Untersuchungen von Kirchhoff und Bunsen, größtentheils nach oben angeführtem Werke. — In der Feuerwerkskunst, wie in der Mineralogie bei der Diagnose der Mineralien mit dem Löthrohr, war es längst bekannt, daß manche Stoffe den Flammen recht charakteristische, oft sehr prachtvolle Farben verleihen. Solche farbige Flammen durch das Prisma zu untersuchen war der Ausgangspunkt für die Arbeiten von Kirchhoff und Bunsen⁶⁾. Als Kirchhoff ein mäßig helles Sonnenspectrum sich entworfen hatte und dann vor den Spalt des Apparats eine Natriumflamme brachte, sah er die beiden dunklen Linien in helle sich verwandeln. Durch eine

5) Denkschriften der Münchener Akademie 1814 u. 15.

6) Von den zu diesen Untersuchungen nothwendigen Apparaten seien erwähnt: a) eine Reihe künstlicher Licht- und Wärme-Quellen, z. B. Bunsen'sche Gaslampen (Brenner), Magnesiumlicht, Knallgas-Flamme, Drummond'sches Kalklicht, Blücker-Geißler'sche Röhren (mit glühenden Gasen), galvanische Flammenbogen u. s. w.; b) ein Spectral-Apparat, in der einfachsten Gestalt, Spectroskop. Letzteres besteht in einem Rohr (Messing u. s. w.), an dessen einem Ende eine Spaltöffnung zum Eintritt des zu untersuchenden Lichts (Lichtlinie); dann folgt im Rohr eine Linse zum Sammeln der Lichtstrahlen, dann das Flintglas-prisma — oder mehrere — endlich in derselben Richtung des Rohres, das Fernrohr, um das entstandene Spectrum beobachten zu können.

Bunsen'sche Lampe (mit Natrium geschwängert) wurden die Natriumlinien mit einer unerwarteten Helligkeit auf dem Sonnenspectrum hervorgerufen, also bedeutend verstärkt. Noch mehr wuchs seine Verwunderung, als er den hellen Sonnenschein (gibt ein continuirliches Spectrum) durch die Natriumflamme auf den Spalt fallen ließ; denn nun traten die dunklen Linien D in außerordentlicher Stärke hervor. Dasselbe Schauspiel wiederholte sich, wenn er das Sonnenlicht durch Drummond'sches Kalklicht oder einen glühenden Platindraht ersetzte. Diese Thatsachen, deren Erklärung bald folgt, wurden für beide genannte Männer die Entdeckungsreisen; sie gaben den Anstoß zu einer großen Menge äußerst wichtiger und schöner Forschungen. Wendet man statt Sonnenlicht das weiße Drummond'sche Kalklicht (Wasser-Sauerstoffflammen mit einem festen Kalkcylinder darin, der weißglühend ein intensives Licht spendet) an, indem man einen Strahl der Kalklicht-Lampe auf den Spalt fallen läßt, so erhält man ein Spectrum, welches ganz vom Sonnenspectrum abweicht. Zwar ist die Stufenfolge der Farben ganz dieselbe, wie bei letzterem, Roth unten, Violett oben. Die einzelnen Farben aber fließen ohne scharfe Grenzen allmählig ineinander und bilden ein ununterbrochenes, **continuirliches Spectrum** (Fig. 12). — Beim galvanischen Flammenbogen sind es die leitenden Kohlenspitzen, welche beim Weißglühen das elektrische Licht so intensiv verstärken. Fällt ein Strahl solchen elektrischen Kohlenlichts, mittelst der elektrischen Lampe von Foucault, auf den Spalt und wird durch — am besten — ein Flüssigkeitsprisma (mit Schwefelkohlenstoff) analysirt, so gewinnt man ebenfalls ein continuirliches — großes und farbenglänzendes Spectrum. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt man, wenn man Magnesiumlicht, oder das Licht eines weißglühenden Platindrahts oder einer Gasflamme (deren Licht von festen, weißglühenden Kohlenmolekeln erzeugt wird) der Analyse durch ein Prisma unterwirft; immer entstehen continuirliche Spectren. Aber allerdings ist in den einzelnen Spectren das Verhältniß der verschiedenen Farbengruppen nicht gleich; je nach der Natur des angewendeten Lichts herrscht bald roth, bald gelb, bald violett vor. Darnach liefern alle festen und flüssigen weißglühenden Körper ein continuirliches Spectrum, und umgekehrt ist zu schließen, daß ein continuirliches Spectrum in der Regel von dem Licht eines festen oder flüssigen Körpers herrühre.

Ganz anders gestalten sich die Spectren, wenn man gasförmige Körper, glühende Dämpfe (von Metallen) oder Gase (Wasser-, Sauer-, Stickstoff) der Analyse durch das Prisma unterwirft. Dabei zieht man gewöhnlich der Knallgasflamme den elektrischen Flammenbogen vor, weil er einen bedeutend höhern Grad von Wärme und Licht giebt. — Die Spectren zeigen statt der continuirlichen Aufeinanderfolge von Farben eine Reihe von farbigen, hellen, glänzenden Linien, durch mehr oder minder große dunkle Zwischenräume getrennt, **discontinuirlche** oder **Gaspectra** genannt. Das Spectrum von Zinkdampf zeigt z. B. ein rothes und drei nahe zusammenstehende blaue Bänder; Kupfer giebt drei glänzende grüne Bänder; Messing (eine Verbindung aus beiden) zeigt in unveränderter Gestalt und Lage die Streifen von Zink und Kupfer; Natrium zeigt eine einzige, glänzende, orangefarbne Doppellinie. Werden Dämpfe von Verbindungen aus Metallen und Nichtmetallen der Analyse unterworfen, so machen sich die Spectren der metallischen Dämpfe besonders geltend, so daß das Spectrum des nichtmetallischen Stoffes entweder gar nicht auftritt, oder vom Metallspectrum überstrahlt und verdunkelt wird. Endlich sei des Eisens erwähnt, dessen Dampf ein Spectrum von mehr als 60 hellen Linien giebt. — Offenbar ist die Zahl und Farbe der Streifen bei den verschiedenen Stoffen sehr verschieden, jedoch unveränderlich bei demselben Körper. Dies ist der Grund, warum man auf diesem Wege (der Spectral-Analyse) die chemische Beschaffenheit eines

Körpers mit großer Leichtigkeit bestimmen kann, im Gegensatz zu dem ältern Wege der chemischen Analyse. — Doch müssen wir zuvor noch eine andere Gruppe von Thatsachen anführen, die der sogenannten Absorption. — Wir haben früher schon gesehen, daß die Lichtwellen auf ihrem Wege, beim Zusammentreffen mit festen, flüssigen, gasförmigen Körpern mehrfach beeinflusst werden (zurückgeworfen, gebrochen u. s. w.) und dabei auch ganz oder theilweise aufgehoben (absorbirt) werden können. Bei der Absorption (Verschluckung) geht wahrscheinlich die Schwingung des Aethers in eine Molecularschwingung über. — Betrachtet man eine Landschaft z. B. durch ein blaues Glas, so erscheinen alle Elemente derselben blau, weil dies Glas nur die blauen Lichtstrahlen durchläßt, alle übrigen absorbirt. Und betrachtet man ein blaues Glas durch ein Spectroskop, so zeigt das Spectrum außer den blauen nur noch einige violette und grüne Strahlen. Gefärbte Flüssigkeiten zeigen im Allgemeinen vor dem Spectroskop eine noch bedeutendere Absorptionsfähigkeit. Eine stark verdünnte Lösung von frischem arteriellem Blut zeigt z. B. nur zwei breite dunkle Bänder in Gelb und Grün des Spectrums vom Tageslicht oder einer Lampe. Die farbigen festen und flüssigen Körper absorbiren also gewisse Farben ganz, während sie andere durchlassen und rufen daher im continuirlichen Spectrum meist breite, ganze Farbenpartien einnehmende Absorptionsbänder (Zwischenräume) hervor.

Anders verhalten sich die Gase. Die farblosen Gase schwächen das Licht nur in seiner Intensität beim Durchgange. Die farbigen Gase und Dämpfe (ausgenommen Schwefel, Selen) erzeugen bei der Absorption gewöhnlich schmale, dunkle Streifen oder schwarze Linien, welche oft alle Farbenpartien des continuirlichen Spectrums durchziehen. Läßt man z. B. das Licht einer elektrischen Lampe durch eine Glaskugel (mit den rothen Dämpfen der salpetrigen Säure gefüllt) zum Spectroskop gehen, so erscheinen im Spectrum vom Orange bis Blau eine große Anzahl dunkler Streifen. Setzt man Joddampf an die Stelle der salpetrigen Säure, so erscheinen sehr viele, feine schwarze Linien vom Roth bis zum Grün im Absorptionsspectrum. Die Gase absorbiren also viel weniger, als die festen Körper.

Es ist nun bekannt, daß ein Körper, welcher sehr geeignet ist, die Wärme leicht und reichlich auszustrahlen, auch am meisten zweckmäßig ist, Wärme zu absorbiren. Ähnliches nehmen wir in Beziehung auf das Licht wahr. Die festen Körper strahlen im Zustande des Weißglühens weit mehr Licht aus als glühende Gase; aber sie absorbiren auch verhältnißmäßig weit mehr Licht als die Gase. Es stellt sich daher unschwer der Gedanke ein: es müsse wohl ein bestimmter Zusammenhang, eine gewisse Wechselwirkung bestehen zwischen dem Vermögen eines Körpers Licht auszustrahlen (Emission) und Licht zu absorbiren (Absorption). Auf diesen Gedanken hat Kirchhoff zuerst alle seine Arbeiten gerichtet. Der Erfolg war äußerst günstig. In seinem Werk⁷⁾ stellt er, über das Verhältniß zwischen dem Emissions- und dem Absorptions-Vermögen der Körper für Wärme und Licht, das wichtige physikalische Gesetz auf, dessen Wichtigkeit er sowohl mathematisch nachweist, als durch Experimente darthut: „das Verhältniß zwischen dem Emissions-Vermögen und dem Absorptions-Vermögen einer und derselben Strahlengattung ist für alle Körper bei derselben Temperatur dasselbe“. In besonderer Weise ausgedrückt, heißt dies: jedes glühende Gas schwächt durch Absorption ausschließlich die Strahlen von der Brechbarkeit derer, die es selbst aussendet; oder noch specieller: Gase und Dämpfe absorbiren oder schwächen genau diejenigen Farben bei ihrem Durchgange, welche sie selbst glühend aussenden, während sie für alle andere farbigen

7) Sonnenspectrum . . . S. 11 und 27.

Strahlen völlig durchgängig sind. — Man überzeugt sich am einfachsten davon, indem man in die eine Hälfte des Spalts den glühenden Dampf, in die andere das durch den heißen Dampf gehende weiße Licht treten läßt. — Nunmehr sind Kirchhoff's Versuche dem genauen Verständniß offen. Der glühende Natrium-Dampf (z. B. aus Kochsalz-Spuren in der Flamme) ergab als Spectrum eine helle, gelbe Doppellinie; er strahlt also nur dies gelbe Licht aus. Sobald man aber einen Strahl weißen Sonnenlichts, oder der elektrischen Lampe, oder Kallichts durch den Natriumdampf hindurch gehen läßt, so macht letzterer grade diejenigen gelben Strahlen aus dem weißen Licht verschwinden, welche er glühend selbst ausstrahlt und im Gelb des continuirlichen Spectrums jener Lichtquelle erscheint eine dunkle Doppellinie. Vergleicht man das so erhaltene Absorptions-Spectrum mit dem Gasspectrum des glühenden Natriumdampfes, so erscheint die Beleuchtung umgekehrt, die helle Doppellinie ist dunkel und alle übrigen Regionen, welche im Gasspectrum dunkel waren, sind nun vom continuirlichen Spectrum des weißen Lichts farbig beleuchtet. Wenn man in ähnlicher Art das weiße Licht glühender fester oder flüssiger Körper durch Metalldämpfe gehen läßt, so werden immer die hellen Linien der einfachen Gasspectren in dunkle Linien umgewandelt. Daher nennt man die Absorptions-Spectra auch umgekehrte oder zusammengesetzte Spectra. Jedoch gelingen die Umkehrungs-Spectren am sichersten nach Kirchhoff, wenn die Temperatur des weißglühenden festen (oder flüssigen) Körpers recht hoch, die des umkehrenden Dampfes niedriger ist. Welche Erscheinung im Spectroskop sich darstellt, wenn das Licht eines weißglühenden festen oder flüssigen Körpers durch eine Atmosphäre heißer Dämpfe verschiedener Art (etwa mehrerer Metalle) hindurchgeht, ehe es den Spalt des Apparats erreicht, können wir nun leicht bestimmen; nämlich ein volles continuirliches Spectrum, durchzogen von schwarzen Linien. Da haben wir die Erklärung der dunklen Linien im Sonnenspectrum. Kirchhoff hat durch eine große Anzahl der sorgfältigsten Versuche und Messungen nachgewiesen, daß den dunklen Linien im Sonnenspectrum aufs Genaueste bestimmte helle Linien von Gasspectren irgend eines bestimmten Körpers entsprechen. — Und wäre noch irgend ein Zweifel über den Zusammenhang dieser Erscheinungen, so müßten die Eisenlinien ihn heben. Der Eisendampf zeigt nämlich in seinem Spectrum gegen 60 (460) helle Linien. Diesen Linien entsprechen genau eben so viel dunkle Linien im Sonnenspectrum⁸⁾. Die Rechnung ergibt, daß die Wahrscheinlichkeit, dies sei Zufall, gleich $1 : 2^{60}$ (bei 60 angenommenen Eisenlinien), oder ungefähr ein Trillionstel beträgt, d. h. es ist kein Zufall, sondern das Zusammenfallen dieser Linien bekundet wirklich das Vorhandensein von Eisen in der Sonnenatmosphäre. Man vergleiche **Figur 13**.

In der That, die einfachen Gasspectra lehren uns die irdischen Stoffe kennen — die umgekehrten Gasspectren schließen uns die physische Constitution der Himmelskörper auf.

Zunächst liefert uns die Sonne selbst das schlagendste Beispiel eines umgekehrten Spectrums. Ein gewöhnliches Spectroskop zeigt bei schwacher Vergrößerung des Fernrohrs und weiter Spaltöffnung im hellen Tageslicht ein continuirliches Spectrum, ohne helle und dunkle Linien. Wird aber der Spalt verengt und das Fernrohr schärfer eingesezt, so erscheint das gewöhnliche Sonnenspectrum mit den dunklen Linien und Streifen. Ohne Zweifel entstammen nun diese dunklen Linien im Sonnenspectrum den in der Sonnenatmosphäre vorhandenen Gasen und Dämpfen. Als sicher sind nach Kirchhoff in der Sonnenatmosphäre nachgewiesen: Eisen, Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Nickel, Chrom, vielleicht Kupfer,

8) Nach Kirchhoff 60, nach Angström schon an 460. Schellen Spectral-Analyse S. 171—187.

Zink u. s. w. Somit erfahren wir, daß auch die Sonne aus Stoffen zusammengesetzt wird, welche den Bestandtheilen der Erde und der Planeten gleich sind; — eine Bestätigung für die Hypothese Kants.

Aber mit dem Verständniß der Fraunhofer'schen Linien tritt zugleich eine weitere Frage von der größten Wichtigkeit hervor: die Frage nach der physischen Beschaffenheit der Sonne überhaupt. — Kirchhoff giebt folgende Lösung: der Kern des Sonnenkörpers ist ein fester oder flüssiger Körper, im Zustande der höchsten Glühhitze. Diesen weißglühenden Kern umgiebt eine Atmosphäre von niedrigerer Temperatur, in welcher sich viele Stoffe des Kerns, wegen der hohen Hitze dampfförmig befinden. Der Kern würde für sich allein, wie alle weißglühenden, festen oder flüssigen Körper, ein continuirliches Spectrum geben. Die Lichtstrahlen des Kerns müssen aber, bevor sie zu uns gelangen, durch die Sonnenatmosphäre gehen, wobei jeder Dampf Strahlen aus dem weißen Licht auslöscht (absorbirt.) — Diese Ansicht ist mit der Kant'schen Hypothese über die Bildung unsers Planeten-Systems in Uebereinstimmung. Aus geologischen Forschungen steht nämlich fest, daß unsere Erde einst den glühend-flüssigen Zustand besaß; daraus ist — abgesehen von den ausführlichen Gründen — die Annahme gerechtfertigt, daß auch die andern Körper unsers Sonnen-Systems einmal in solchem Zustande gewesen sind, oder noch sind. Die Abkühlung mußte, je nach der verschiedenen Masse verschiedene Grade erlangen. Es mußte die Erdatmosphäre, welche jetzt nur wenig Elemente aufweist, zur Zeit des Glühens eine viel größere Mannichfaltigkeit in der Zusammensetzung zeigen; alle in der Glühhitze flüchtigen Stoffe befanden sich darin, um so mehr, da wir wissen, daß flüssige Stoffe (sogar einige feste) bei jeder Temperatur verdunsten⁹⁾. — Die Sonnenatmosphäre befindet sich heute noch in ähnlichem Zustande¹⁰⁾.

Mit dieser Vorstellung befinden wir uns indeß auf dem Boden, wo der Streit der Ansichten und Meinungen annoch kräftigst fortgeführt wird und die berühmtesten Physiker und Astronomen sich scharf gegenüber stehen. Namentlich spielen die Sonnenflecken dabei eine wichtige Rolle. — Die Astronomen des vorigen Jahrhunderts — fast ohne Ausnahme — und auch noch mehrere des unsrigen, zogen aus teleskopischen Betrachtungen der Sonne den Schluß, daß die Sonne an sich (der Kern) ein dunkler, fester, kalter Körper sei, welcher aber von einer gasigen, intensiv leuchtenden (durch verdichteten ätherischen Lichtstoff) Hülle (Atmosphäre, Photosphäre) umschlossen werde. Darnach sind die, unter dem Namen Sonnenflecke seit Galilei (1611) bekannten Erscheinungen, welche als dunkle Flecke oder lichtarme Stellen auf der hellen Sonnenscheibe sich zeigen und oft schon mit unbewaffnetem Auge, durch geschwärzte Gläser, wahrgenommen werden können, nichts weiter als Oeffnungen (Löcher), oder trichterförmige Höhlungen, Risse in der Photosphäre der Sonne, durch welche man auf den verhältnißmäßig dunklen Sonnenkörper hinabsieht. Zu dieser Ansicht (Trichtertheorie) bekennen sich unter Andern Bode¹¹⁾ (1776), Wilson (1773), W. Herschel, F. Arago¹²⁾ und Mädler¹³⁾. Nach Arago hat einen wesentlichen Antheil an der Annahme eines dunklen, festen, kalten Sonnenkörpers die humane Absicht, die Sonne mit Wesen zu bevölkern, ähnlich denen der Erde. Diese Annahme ist aber aus mehreren triftigen Gründen unhaltbar geworden, namentlich aus folgenden beiden: 1) der

9) Burmeister, Geschichte der Schöpfung. 4te Aufl. 51. S. 143.

10) Kirchhoff, Sonnenspectrum. S. 16.

11) B. Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels 67. S. 313.

12) Arago, deutsch von Hankel. Bd. 12. S. 87. 161.

13) Mädler. Populäre Astronomie. 52. Seite 124.

unermessliche, nach früherer Erörterung, auf der Sonne vorhandene Schatz an Licht und Wärme ist physikalisch nicht vereinbar mit einem festen, dunklen, kalten Sonnenkern, 2) das Verhältniß der hellen Linien in den Gaspectren zu den dunklen Linien im Sonnenspectrum bleibt unerklärt. — Nichtsdestoweniger wird die Trichtertheorie über die Sonnenflecke von manchen Forschern festgehalten, insbesondere von zweien der berühmtesten gegenwärtigen Astronomen, dem Italiener P. Secchi und dem Franzosen A. Faye. Beide legen die Ansicht zu Grunde, die Sonne sei ein glühender Gasball, umgeben von einer Photosphäre (das weiße Sonnenlicht ausstrahlende Nebelschicht), die in der äußersten Dampfschicht schwimme. Von Zeit zu Zeit treten aus dem wenig leuchtenden (dunklen) Gasball Ströme von Dämpfen hervor (metallische Dämpfe, Wasserstoff, Wasserdampf), durchbrechen als auf- und niedersteigende Ströme die Photosphäre und veranlassen Sonnenflecke, nebst Halbschatten, Sonnenfäden u. s. w., indem man in den Riß, nicht etwa auf den dunklen Gasball hinabsieht, sondern auf das, den Riß ausfüllende, Licht absorbirende (dunkle) Gas. **Fig. 14** kann dies anschaulich machen nach Secchi¹⁴⁾. Die Figuren A—E stellen einen Fleck vor, in seinen verschiedenen Erscheinungen, wie er sich von der Mitte der Sonnenscheibe nach dem Westrande (rechts) bewegt. Der Halbschatten verschwindet zuerst in der, der Mitte der Sonnenscheibe zugekehrten Seite, ist gewöhnlich von hellen Streifen, aus der Mitte des Kerns strahlenförmig durchzogen. — Aber nur eine Abtheilung von Sonnenflecken (die größere Anzahl vielleicht) zeigt solchen regelmäßigen Verlauf. — Zwei der tüchtigsten und fleißigsten Sonnenbeobachter, der Engländer Carrington¹⁵⁾ (Inhaber einer großartigen, von ihm selbst erbauten Privat-Sternwarte) und Spörer¹⁶⁾ (Prof. in Anclam) sind nach langjährigen, sorgfältigen Beobachtungen ganz unabhängig von einander und fast gleichzeitig im Wesentlichen zu demselben Ergebnis gekommen, welches vom Vorigen ganz verschieden ist. Nach den verdienstvollen Arbeiten dieser beiden Männer findet die älteste Ansicht von Galilei, daß die Sonnenflecken Wolken seien (Wolkentheorie), eine neue, feste Begründung, zumal, da auch Kirchhoff diese Ansicht theilt¹⁷⁾. — Spörer (Ancl. Progr. 63. S. 14) sagt: „Keine Hypothese über die Sonne kann für richtig gelten, welche die Sonnenflecken von bestimmten Stellen der Oberfläche abhängig macht“.

Die Sonnenflecken sind, nach ihnen, sehr beweglich, verändern sich, überdecken sich oft, theilen sich (durch die sog. Lichtbrücken), gestalten sich um; zeigen aber auch oft eine große Beständigkeit, bewegen sich gesetzmäßig, in höhern Breiten langsamer, als nach dem Aequator hin, und zwar in einer Richtung, senkrecht zum Aequator der Sonne. Die Veränderlichkeit zeigt an einem Beispiel recht anschaulich Spörer in „Behandlung eines ausgezeichneten Sonnenflecks vom 9. September bis 11. December 1867“¹⁸⁾. — Also auch auf der Sonne finden sich ähnliche große Strömungen von Gasmassen, wie sie auf der Erde als Aequatorial- und Polarströme der Luft vorkommen und welche in den mittlern Breiten nicht mehr übereinander, sondern nebeneinander weggehen. Um dies zu erklären, stellten Spörer und Faye die Ansicht auf, daß die Temperatur auf der Sonne, in gleicher Weise wie auf der Erde, vom Aequator nach den Polen hin abnehmen müsse; jedoch blieb es P. Secchi vorbehalten, durch sorgfältige Beobachtung und Messung dieser Ansicht eine thatsächliche, feste Grundlage zu

14) P. Secchi, die Sonne. Deutsch von Schellen. 1872. 2. Thl. S. 68. 69.

15) Meibauer, physische Beschaffenheit der Sonne 66. S. 29.

16) Schulprogr. des Gymn. Anclam 1852. 63. und Monatsberichte der Berl. Akademie der Wissensch. Mai 1868.

17) Kirchhoff, Sonnenspectrum. S. 16.

18) Monatsber. der Berl. Akademie. Mai 68.

geben¹⁹⁾, wobei sogar die nördliche Halbkugel ein wenig wärmer zu sein scheint als die südliche. — Galilei hat demnach schon das Richtige getroffen, wenn er sagt²⁰⁾: „wäre die Erde ein selbstleuchtender Körper, so würde sie von fern gesehen, dieselben Erscheinungen wie die Sonne bieten. Man würde bald an der einen, bald an der andern Stelle der scheinbaren Erdscheibe Flecken wahrnehmen, je nachdem die eine oder andere Gegend sich hinter einer Wolke befände. Zu gewissen Zeiten würden wenig Flecke, zu andern eine große Anzahl sichtbar sein, einige würden sich zusammenziehen, andere sich weiter ausdehnen u. s. w.“ Sind nun die Sonnenflecken Wolken, welche in der gasförmigen Atmosphäre der Sonne schwimmen, so sind dieselben allerdings in Betreff ihrer chemischen Zusammensetzung von unsern irdischen Wolken sehr verschieden. Die Wolken bilden sich vorzugsweise in einer gewissen Entfernung vom Aequator, da, wo der Aequatorialstrom sich senkt und mit dem Polarstrom zusammentrifft (bis 30° Breite etwa); in der Nähe derselben müssen starke Ströme entstehen — ähnlich wie auf der Erde — und diese erklären die große Veränderlichkeit der Flecken. — Für diese Vorstellung erklärt sich auch Kirchhoff, indem er die Ansichten Arago's widerlegt. — Obgleich die Annahme Kirchhoff's, daß die Sonne ein glühend flüssiger oder fester Körper sei, wie es scheint, immer mehr Anhänger wirbt, wenigstens unter den Physikern, so lassen sich doch zwei schwer zu beseitigende Einwände dagegen vorbringen. 1. Arago hat beobachtet, daß glühende feste und flüssige Körper polarisiertes Licht ausstrahlen; glühende Gase dagegen nur vollkommen unpolarisiertes. Nun zeigt das Licht der Sonnenscheibe aus der Nähe des Randes keine Spur von Polarisation; folglich — wird geschlossen — ist die leuchtende Materie am Sonnen-Rande gasförmig. Die Entgegnung Kirchhoff's, daß die heftige Wellenbewegung der flüssigen Sonnenmasse keine Polarisation zulasse, ist nicht überzeugend genug. Schwerer noch wiegt der Einwurf 2. Das spezifische Gewicht der Sonnen-Masse ist etwa 1,45, beträgt also nur den 4ten Theil von dem spezifischen Gewicht der Erde (5,5...). Man kann daher kaum die Annahme machen, daß die Sonne sich schon im flüssigen oder wohl gar im festen Zustande befinde, wenn man erwägt, daß nach der Spectral-Analyse eine große Menge von Schwermetallen in ihr enthalten ist.

Nehmen wir indessen einstweilen die Theorie Kirchhoff's, als die wahrscheinlichste an, da ihr auch J. R. Mayer (Dynamik des Himmels. S. 10) und J. Tyndall (Wärme. S. 608) zustimmen; so sehen wir die feste, oder flüssige glühende Masse der Sonne durch ihre Photosphäre. Gleichwohl dürfte es noch mehr im Einklang mit den Thatsachen und der Consequenz der Kant'schen Schöpfungs-Theorie sein, wenn wir den glühenden festen oder flüssigen Sonnenkern durch einen glühenden Gasball ersetzen — nach Secchi, Faye — (obwohl auch dagegen sich die Bedenken erheben: daß ein solcher Gasball weder die Form der Sonnenscheibe seit Jahrtausenden unverändert behalten, noch auch die Gravitations-Erscheinungen hinreichend erklären lasse). — Ist der Gasball in Folge der ungeheuren Hitze weißglühend, so giebt er nach Uebereinstimmung mehrerer Forscher (Frankland, Deville u. s. w.) ein continuirliches Spectrum, wie die festen und flüssigen Körper, und in Folge der Absorption der Strahlen in den äußern, weniger heißen Schichten die Fraunhofer'schen Linien. (Liefert doch nach Wüllner sogar Wasserstoff bei hohem Druck — 3 Atmosphären — ein continuirliches Spectrum²¹⁾). — Ist der Gasball an sich dunkel, so ist er von einer Photosphäre umgeben (Nebelschicht mit hellleuchtenden festen oder flüssigen Partikelchen), in welcher von den gleichzeitig vorhandenen Dämpfen

19) P. Secchi, Sonne. S. 203. I. Abth.

20) Arago-Hankel. Bd. 12. S. 128.

21) Schellen. Spectral-An. S. 196.

eine Absorption farbiger Strahlen bewirkt wird. — Offenbar stehen wir hier vor einer Frage, die jetzt noch kaum mit einiger Sicherheit zu entscheiden ist; ob nämlich der Sonnenkörper theilweise schon fest, oder flüssig, oder ganz gasförmig ist?? Ganz gerechtfertigt ist wenigstens die Annahme, daß der ganze Sonnenkörper sich im glühenden Zustande befinde.

Eine Anzahl von Forschern, namentlich Huggins, Miller und P. Secchi haben die Kirchhoff'sche Untersuchungs-Methode auch auf die Fixsterne (den ganzen Sternenhimmel) ausgedehnt und analoge Schlüsse aus dem erhaltenen Spectrum auf die physikalisch-chemische Constitution der Himmelskörper gemacht. Die genannten beiden Engländer haben die hellsten Fixsterne mit Erfolg untersucht, z. B. den Sirius, Aldebaran und den hellsten der Sterne Orions (a) und gefunden, daß auch auf den Fixsternen dieselben Stoffe sich zeigen, wie auf der Erde. Und wenn nicht alle sofort aufgezeigt werden können, so liegt dies daran, daß man nicht tief genug in die Dampfatmosphäre eindringen kann, oder auch nicht alle Stoffe in der Dampfatmosphäre allein enthalten sind.

Werfen wir jetzt noch einen schnellen Blick auf die künstlichen Lichtquellen der Erde und auf das Leuchten der Himmelslichter (Fixsterne). — Man betrachte einmal aufmerksam die Flamme einer Kerze (Wachs oder Stearin) nach **Figur 15**. Der brennende Docht schmelzt das Wachs oder Stearin unterhalb der Flamme; die Kapillar-Anziehung des Dochts hebt die Flüssigkeit in die Höhe; letztere verwandelt oder zerlegt sich durch Hitze in eine der verschiedenartigen Kohlenwasserstoffverbindungen — in Gasform — ganz ähnlich dem Leuchtgas. Man unterscheidet leicht vier verschiedene Partien. Die Partie a) ist der unverbrannte Dampf im Innern; b) Kohlenoxydgas mit bläulicher Flamme, weil aus Mangel an Sauerstoff der Kohlenstoff sich nur wenig oxydirt, nicht Kohlenäure liefert. Am Umfang der Flamme in der Partie d) findet die größte Berührung mit dem Sauerstoff der Atmosphäre und daher volle Verbrennung statt. Denn der Sauerstoff bekundet zu jedem Bestandtheil des Kohlenwasserstoffs, sowohl zum Kohlenstoff als Wasserstoff große Anziehungskraft. Er verbindet sich zunächst mit dem Wasserstoff zu Wasserdampf und nur ein kleiner Theil Kohlenstoff wird oxydirt zu Kohlenäure, der übrige Kohlenstoff wird frei. Die ausgeschiedenen unzähligen, fein vertheilten Molecüle festen Kohlenstoffs befinden sich nun innerhalb des brennenden Wasserstoffs und gelangen dadurch in den Zustand des Weißglühens, Partie c) Gelangt auch der Kohlenstoff zum vollen Verbrennen, so giebt er Kohlenäure. Während nun die äußere Verbrennungspartie des Wasserstoffs fast ganz lichtlos erscheint, ist es ausschließlich die Partie c. der glühenden, festen Kohlenstoff-Partikeln, welchem wir das Licht unserer Lampen verdanken. „Im ganzen Bereich der Natur“, sagt J. Tyndall²²⁾, „giebt es kaum etwas Schöneres, als eine brennende Kerze: die hohle, theilweise mit geschmolzenen Stoffen angefüllte Vertiefung unten am Docht, das Aufwärtskriechen der Flüssigkeit, die Verdampfung derselben — die Structur der Flamme, ihre sich schlank zuspitzende Form und dabei die Luftströme, welche hier zusammenlaufen, um den Bedürfnissen der Flamme zu genügen!“ — Wollen wir uns überzeugen, daß wirklich in der Partie c. die festen Kohlentheilchen ausgeschieden werden, so brauchen wir nur einen kalten Körper z. B. ein Glasstäbchen in den leuchtenden Theil der Flamme zu halten; sofort bedeckt die ausgeschiedene Kohle in Form des feinsten Ruffes das Stäbchen. — Aber noch schlagender kann man zu dieser Einsicht kommen durch einen sogenannten Bunsen'schen Brenner (Gaslampe). — Unser gewöhnliches Leuchtgas ist nämlich auch ein Kohlenwasserstoffgas und die

22) Tyndall. Wärme. S. 61.

Leuchtkraft desselben ist auf ganz gleiche Weise wie beim Kerzenlicht zu erklären. — Könnte man nun den festen Kohlenstoff-Molekeln in dem Augenblick ihrer Befreiung vom Wasserstoff eine hinreichende Menge Sauerstoff, durch Eindringen in das Innere der Flamme, zuführen, so würde das Flammenlicht verschwinden. Dies bezweckt der Brenner von Bunsen, eine einfache Lampenvorrichtung, bei welcher das Gas unten einströmt in einen durchlöcheren Raum; hier vermischt es sich genügend mit atmosphärischer Luft, um allen Kohlenstoff beim Brennen an der Mündung des Brenners zu verbrennen. Die Flamme ist dann lichtlos, aber viel heißer als eine gewöhnliche Flamme. Wird die Luftzufuhr an den Löchern durch Verschluß abgeschnitten, so ist sofort die Flamme leuchtend. Man unterscheidet daher Heizflamme und Leuchtlampe. Einen fernern Beweis für die Richtigkeit obiger Ansicht finden wir in Folgendem: Der Wasserstoff liefert beim Verbrennen eine fast lichtlose Flamme. Bringt man aber in diese Flamme eine Spirale von Platindraht, so wird sie sofort hellleuchtend, und wir können nicht umhin, zu schließen: es ist der glühende Platindraht und nicht die Flamme, welcher die intensiven Lichtstrahlen aussendet. Gleichen Zweck erreicht man mit einem Körnchen Kochsalz; die Flamme leuchtet dann mit dem hellgelben Licht des Natriums. — Ähnliche Wahrnehmungen können wir fast bei allen, unter hoher Temperatur stattfindenden, Verbrennungen machen. Mögen wir Talg, Stearin, Del, Petroleum entzünden, welche allesamt gasförmigen Kohlenwasserstoff liefern — oder ein Stück Phosphor, oder eine stählerne Uhrfeder, nach vorhergegangener genügender Erwärmung, im reinen Sauerstoff verbrennen, oder ein Stückchen Kalium, Natrium in Wasser werfen, oder Magnesium verbrennen -- wobei ein so blendendes Licht entsteht, daß die Leuchtkraft der Sonne nur 520mal so groß sich erweist und es daher zu photographischen Aufnahmen besonders geeignet befunden wird — oder eine Knallgasflamme (Wasser-Sauerstoff) mit einem Kalk-Cylinder versehen und das Drummond'sche Kalklicht erzeugen, oder endlich bei der elektrischen Lampe das Glühen der Kohlenspitzen betrachten; überall eine Flamme, in welcher, entweder die Produkte der Verbrennung als feste Körper (z. B. leuchtende Magnesia im Magnesiumlicht) oder sonst fremde, feste Körper (Kohlenspitzen im elektrischen Licht) leuchten. Eine Flamme ohne diese Bestandtheile leuchtet daher, selbst bei hoher Temperatur gewöhnlich wenig, z. B. Wasserstoff (Verbrennungsprodukt Wasserdampf). Deshalb konnte schon früher behauptet werden: die gasförmigen Körper im Allgemeinen strahlen weit weniger Licht aus, bei gleich hoher Temperatur, als die glühenden festen und flüssigen. — Nur auf eine Ausnahme, wie es scheint, haben die Untersuchungen von Frankland und Deville geführt. — An einem windigen Abend kann man auf den Straßen einer größeren Stadt bei den Gaslaternen die Beobachtung machen, daß die Gasflammen oft plötzlich fast ganz erlöschen oder lichtlos erscheinen. Durch den wehenden Wind nämlich wird die Flamme bewegt und beweglich, der atmosphärische Sauerstoff fast in das Innere der Flamme getrieben und das weiße Licht augenblicklich in eine dunkle, bläuliche Flamme umgewandelt. Die Beweglichkeit der Luft befördert hier die Verbrennung. — Vermindert man dagegen die Beweglichkeit der Luft durch vermehrten Druck, Zusammenpressen (von 2—3 Atmosph.), so wird die Verbrennung behindert oder ganz aufgehoben. Nach Frankland kann in dieser Art durch Verdichten der Luft die blasse Spiritusflamme mit der Helligkeit einer Gasflamme ausgestattet werden (S. Tyndall, Wärme. 67). Ueberhaupt scheint die Dichtigkeit des verbrennenden Gases, und die dadurch bedingte Temperatur, einen wesentlichen Einfluß auf die Leuchtkraft der Gasflamme zu haben, wie bereits hervorgehoben wurde beim Spectrum.

Fragen wir nun wiederum, wodurch entsteht den genannten leuchtenden Körpern das

Licht? ist dies Leuchten gleicher Art mit dem der Meteoriten, welche auf die Erde und Sonne herabhageln? ist es übereinstimmend mit dem der Sonne und Fixsterne? sind das blendende Licht und die ungewöhnliche Wärme des im Sauerstoff verbrennenden Phosphors — dem Licht und der Wärme der Sonne identische Erscheinungen? — Wir können diese Fragen jetzt dahin bejahen, daß derselbe Vorgang, dasselbe Naturgesetz sich in allem Leuchten offenbart. — Beim Verbrennen ist es die chemische Verwandtschaft, durch welche die Molecüle des einen Körpers von allen Seiten gegen die eines andern prallen und einen Zusammenstoß erleiden; dabei setzt sich die fortschreitende Bewegung in eine solche der Molecüle um (Molecularbewegung), welche wir je nach der geringern oder größern Geschwindigkeit der Molecular-Schwingung — Wärme oder Licht nennen. Was hier die chemische Verwandtschaft, das bewirkt dort die Gravitation (bei den Meteorsteinen) oder der Stoß, oder eine, der früher ausführlich erörterten, verwandten Naturkräfte.

Wir erinnern uns von früher, daß man die Wärmemenge, welche die Erde jährlich von der Sonne empfängt, $2\frac{1}{3}$ Milliarden mal vergrößern muß, um den Gesamt-Vorrath auf der Sonne zu erhalten. Für die Erde ist dabei noch beinahe die Hälfte (genau $0,16$) durch Absorption in der Erdatmosphäre verloren gegangen²³⁾. Weiter hat aber Secchi durch Beobachtung und Rechnung zu begründen gesucht, daß auch die Sonnenatmosphäre absorbirend wirkt und nur ungefähr $0,12$ der ausgegebenen Licht- und Wärmestrahlen der Sonne durch sich hindurchläßt²⁴⁾, alles Uebrige (etwa $\frac{7}{8}$) — zum Heil der Erdbewohner — verschluckt. Wenn wir demnach das jährlich der Erde, von der Sonne ertheilte Wärme- und Licht-Quantum mit etwa 2. 8. $2\frac{1}{3}$ Milliarden, oder 37 Milliarden circa vervielfachen, so gelangen wir zu einer fast richtigen Vorstellung von dem Sonnen-Vorrath an lebendiger Kraft. Und in der That berechnet sich dann die Sonnentemperatur auf mindestens $28,000^{\circ}$ C., also zehnmal so groß als die höchste Temperatur beim Knallgas-Gebläse, die nach Bunsen 2800° C. ist und nach Thomson's Rechnung eigentlich mit der Sonnentemperatur übereinstimmen sollte.

Wie man die Wärme der Sonne zu bestimmen versucht hat, so haben andere Forscher, besonders Zöllner²⁵⁾ in Leipzig, die Lichtstärke an unserm Planetensystem und den Fixsternen festzustellen unternommen. Er hat sich dazu eines sehr sorgfältig gearbeiteten, von ihm selbst in Gemeinschaft mit Seidel in München neu angefertigten, Instruments (Astrophotometer, basirt auf das Polarisationsgesetz²⁶⁾) bedient. Nur Weniges davon möge hier Platz finden. — Das Licht der Sonne ist eine halbe Million (genau 618,000) mal so stark als das des Erd-Vollmondes; in ähnlicher Weise sind die Planeten unter sich und mit der Sonne verglichen; natürlich kann dies bei Planeten nur heißen, wie viel Licht sie unter sonst gleichen Umständen zurückwerfen. Durch Vergleichen findet sich, daß die specifische Leuchtkraft dieser Himmelskörper sehr verschieden ist, also auch ihre physische Beschaffenheit wohl ganz verschieden sein muß. — Bei Planeten und Sonne kennt man die Größe und Entfernung der Körper; daher ist eine genauere Rechnung möglich. Nicht so bei den Fixsternen, von denen zum Theil nur die Entfernungen bekannt sind. Mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit führen indeß auch diese Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die Fixsterne ebenfalls verschiedene spe-

23) Tyndall. Wärme. S. 602.

24) Secchi. Sonne. S. 209.

25) Photometrische Untersuchungen. Leipzig 1865.

26) u. a. D. S. 320.

cifische Leuchtkraft besitzen und deshalb ihre leuchtende Oberfläche physikalisch verschieden sein muß. — Durch die Spectral-Analyse sind auch noch weiter die Nebelflecke untersucht.

Zöllner hat zahlreiche ähnliche Erscheinungen der Untersuchung unterworfen und daraus sodann Schlüsse gezogen über den Zustand, die Entstehung und Entwicklung der Himmelskörper. Er geht von dem Begründer der gegenwärtig allgemein angenommenen Kosmogonie, Kant aus²⁷⁾, und erweitert dessen Schöpfungstheorie unsers Sonnensystems, indem er die früher etwas unbestimmte Vermuthung der Anhänger dieser Theorie (auch Kant's selbst), daß sie auch auf die Entstehung der Fixsterne sich ausdehnen lasse, mit Bestimmtheit und Schärfe, als eine begründete Ansicht aufweist. — Nur zwei Annahmen macht er, die aber durch die bisherigen Betrachtungen gestützt sind:

- 1) Die Substanz, kosmische Materie, aus welcher sich sämtliche Himmelskörper entwickelten, war ursprünglich in Gasform durch den Weltraum verbreitet.
- 2) Die Temperatur dieser Nebelmasse war eine ungewöhnlich hohe.

Durch die früher besprochene, allmählig eintretende Verdichtung und Wärmeausstrahlung hat nun jeder Himmelskörper nach Zöllner folgende Entwicklungsperioden durchzumachen²⁸⁾:

- 1) Die Periode des glühend gasförmigen Zustandes, wie es uns z. B. durch Spectral-Analyse an den planetarischen Nebeln entgegentritt.
- 2) Die Periode des glühend flüssigen Zustandes, in welchem sich z. B. die meisten Fixsterne erkennen lassen.
- 3) Die Periode der Schlackenbildung, in welcher sich durch fortgeschrittene Abkühlung eine kalte, nicht leuchtende Oberfläche aus der glühenden Flüssigkeit abscheidet, z. B. die Sonne mit ihren Sonnenflecken.
- 4) Die Periode der Eruptionen oder revolutionären Zerspaltung der schon kalt und dunkel gewordenen Oberfläche durch die innere Gluthmasse, unter Auftreten eines neuen vorübergehenden, intensiven Leuchtens z. B. das plötzliche Aufleuchten eines neuen Sterns, wie es sich nicht selten darstellt.
- 5) Die Periode der vollendeten Erkaltung, oder der Tod des Himmelskörpers.

Wahrscheinlich bewegen sich mehrere Fixsterne in ihrer Eigenbewegung um vollkommen dunkle Körper, z. B. Sirius und Procyon. In weiterer Ausführung sagt Zöllner: es steht fest, daß alle bekannten Körper vom weißglühenden in den nichtglühenden Zustand übergehen durch das Stadium des Rothglühens, und daß sie also außer der Abnahme der Lichtstärke auch einer Farbenänderung unterliegen. Also beim Uebergang zur dritten Periode, wo zugleich Rotation und Schlackenbildung Statt hat, die Erscheinung periodisch veränderlicher Sterne (meist mit rother Farbe). Der dritten Periode gehört nach Z. auch die Sonne an, mit den schwimmenden Schlackenschollen als Sonnenflecken. Mit der vierten Periode ist verbunden das plötzliche Aufleuchten neuer Sterne, bestätigt durch viele Thatfachen bis in die neueste Zeit. Die Sterne tauchen auf und verschwinden rasch wieder. — Den verschiedenen Abstufungen der 5ten Periode gehören die Planeten unsers Sonnensystems an. Sie haben ihre Entwicklung schneller durchgemacht wegen der geringern Masse. Jupiter und Saturn sind wahrscheinlich noch zurück gegen die Entwicklungsphase der Erde und Venus, da sie noch viel wärmer

27) Zöllner. S. 214. — Zu vergleichen: A. Schopenhauer. Parerga u. Paralipomena. Kleine philof. Schriften 1851. II. S. 137.

28) Phatomet. Untersf. S. 241 301—307. — Schopenhauer a. a. D.

sind und matt roth glühen; dagegen Mars, Uranus, Neptun etwas weiter vorgeschritten sind als Erde und Venus, weil sie mit Schnee und Eis eingehüllt erscheinen.

Wir ziehen zum Schluß dieses Abschnitts folgendes Ergebnis aus den dargelegten Thatsachen, Erscheinungen und Ansichten:

- 1) Das Leuchten der Körper ist eine Art schwingender Bewegung in den Molecülen derselben (Molecular-Bewegung), oder Licht ist eine Art Molecularschwingung.
- 2) Die gasförmigen Körper leuchten zum Theil nur insofern, als feste oder flüssige Körper in ihnen vibriren; andere nur in Folge von Verdichtung, Zusammenpressen oder vermehrtem Druck.
- 3) Die Sonne ist entweder:
 - a) ein glühender Gasball, welcher alle irdischen Materien in Dampfform in sich enthält (Metalldämpfe u. s. w.) und in welchem fortwährend durch auf- und absteigende Strömungen, in der Richtung des Radius, das Gleichgewicht gestört wird, so daß sich durch Abkühlung eine äußere Schicht fester oder flüssiger, glühender (also schwingender) Moleküle, eine Lichthülle (Photosphäre) bildet (Secchi — Faye); oder
 - b) ein glühender Gasball, der auch im Kern durch bedeutenden Druck weißglühend ist und alle Arten farbiger Lichtstrahlen auswendet (Falkland, Deville); oder
 - c) eine glühend flüssige (zum Theil vielleicht feste!) Masse, welche durch eine Flammenatmosphäre (Photosphäre) ihr Licht hindurch sendet (J. N. Meyer, Kirchhoff).
- 4) Alle übrigen Himmelskörper (Fixsterne, Planeten u. s. w.) haben einen gleichen Lichtzustand, wie die Sonne, entweder schon durchgemacht, oder befinden sich noch darin — oder treten einmal in denselben ein.
- 5) Alle dunklen, lichtlosen, bereits erstarrten Körper können durch Zurückwerfen der sie treffenden Lichtwellen wieder leuchtend werden.

Wie weit die physische Beschaffenheit unserer Sonne schon durch den Scharfsinn L. Euler's erkannt wurde, darüber belehrt uns folgende kurze Auseinandersetzung²⁹⁾: „Die Sonne wurde von Alters her für ein wirkliches Feuer gehalten; die subtilsten Stoffe dieser Feuermaterie der Sonne sind in einer beständig zitternden Bewegung und pflanzen Licht und Wärme durch die im Weltraum vorhandene äußerst feine Himmelsluft, die wir Aether nennen, auf eine ähnliche Art nach allen Seiten des Sonnengebiets fort, wie eine Glocke ihren Schall durch unsere Luft, ohne daß dabei wirkliche Ausflüsse von denselben erfolgen“. — Wir schreiten mit den Strophen Göthe's: „Die Sonne tönt nach alter Weise, in Brudersphären Wettgesang, und ihre vorgeschriebene Reise, vollendet sie mit Donnergang. Ihr Anblick giebt den Engeln Stärke, wenn keiner sie ergründen mag; die unbegreiflich hohen Werke, sind herrlich wie am ersten Tag“ zum folgenden Abschnitt, dem Lichtleiter (Aether!).

V. Der Weltäther.

Um in das Wesen des Aethers leichter eindringen zu können, werden wir zunächst mehrere bekannte, namhafte Naturforscher und Gelehrte nach ihren Schriften darüber hören.

29) L. Euler. Briefe an eine deutsche Prinzessin. Petersburg 1773.

— Ph. Spiller sagt¹⁾: „wo aber kein terrestrischer Zwischenkörper (Leiter, Mittel) ist, da ist es der universelle und deshalb eigenschaftslose (er hat nichts Individuelles), unerkennbare, Alles durchdringende und daher unwägbare oder schwerelose Aether, von dessen Dasein vorzüglich die Kometen und die Erscheinungen des Lichts ein absolut sicheres Zeugniß geben. Der Aether kann nicht wahrgenommen werden, weil Alles in ihm, er unversehrt, nicht individuell ist“. — Bei M. Perty heißt es²⁾: „Der Aether ist eine Substanz von unsagbarer Feinheit und leichtester Beweglichkeit, Alles durchdringend, nicht nur den Welt-raum, sondern auch die Zwischenräume der Körpertheilchen erfüllend, nicht mehr Materie zu nennen und doch nicht immateriell. Besteht der Aether, der als ein absolut elastisch-flüssiges zu denken ist, aus Atomen, so müssen diese unsäglich kleiner und zahlreicher sein, als die angenommenen materiellen Atome. Die Atome des Aethers stoßen sich untereinander ab, werden aber von den materiellen Atomen angezogen, haben Beharrungsvermögen und ihr Gewicht muß unvergleichbar geringer sein, als das der leichtesten Gas-Atome; soll ja nach Thomson eine Aetherkugel von dem Wassergehalt der Erde nur 250 Pfund ($2\frac{1}{2}$ Str.) wiegen. Durch den an der Grenze der materiellen Welt stehenden Aether wirken nicht nur die kleinsten Theilchen der Materie und die Weltkörper in Gravitation und Licht aufeinander, sondern er scheint selbst zu einem Behälter der geistigen Einwirkung werden zu können“. — Chr. Wiener äußert³⁾: „Der Stoff oder die Materie ist entweder Körper oder Aether; Körper ist derjenige Stoff, dessen Theile sich gegenseitig anziehen, Aether derjenige, dessen Theile sich abstoßen. — Körper- und Aethertheile stoßen sich auch gegenseitig ab (entgegengesetzt der allgemeineren Annahme, sie ziehen sich an).“

Die Kraft, mit welcher sich die Aethertheilchen abstoßen, muß rascher abnehmen als im umgekehrten Verhältniß des Quadrats des Abstandes. Auch ist die Masse der Aetheratome sehr viel kleiner als die der Körperatome“. — G. Hansemann spricht in ähnlichem Sinne über den Unterschied der Atome⁴⁾. Er unterscheidet sehr kleine und sehr große Atome, nennt die ersten Aether-, die letztern Körper-Atome. — W. Wittwer schreibt⁵⁾: „Dieser Aether ist daher nicht unmittelbares Object der Beobachtung und es gilt gegenwärtig die Annahme, daß die Theilchen des Aethers nicht nur den Weltraum besetzt halten, sondern auch in die Poren der schweren Körper eindringend, die einzelnen Atome derselben einhüllen und so die unmittelbare Aneinanderlagerung derselben verhüten“. — Endlich lesen wir bei J. H. Fichte⁶⁾: „es giebt ein Organ, Mittel, durch welches die Seele sich verleibt, also selbst nichts Seseelisches, der innere Leib; welches nicht nur das Beharrliche in der äußern Körper-Erscheinung, sondern zugleich der gemeinschaftliche Träger der verschiedenen organischen Prozesse ist. Gewebt aus dem Stoff, den die neuere Physik „den Aether“ nennt, jene „allverbreitete Materie“, die, ob schon an sich selbst jeder sinnlichen Auffassung unzugänglich, dennoch in allen Naturprozessen des Lichts, der Wärme, des Schalls, des Magnetismus und der Electricität das eigentlich Wirkende ist. Dieser Stoff, jeder mechanischen Prüfung des Messens und Wägens sich entziehend, bleibt völlig unberührt von den kräftigsten Reagentien des Chemikers, erfüllt den Raum nirgend specifisch, vielmehr ist es kaum zweifelhaft, daß er als „kosmische Materie“ den ganzen

1) Neue Theorie der Electricität und Magnetismus. 3te Aufl. Berlin 61. S. 2.

2) M. Perty. Die Natur im Licht philosophischer Anschauung. Leipzig 1869. S. 54. 55.

3) Chr. Wiener. Atomenlehre. Leipzig 69. S. 29. 32.

4) G. Hansemann. Die Atome und ihre Bewegungen. Köln 1871. S. 35.

5) W. Wittwer. Lehrbuch der Physik. Regensburg 66. S. 16.

6) J. H. Fichte. Anthropologie. Leipzig 1856. S. 351—353.

Weltenraum erfüllt und alle Wirkungen der Weltwesen aufeinander unablässig und allgegenwärtig vermittelt. Als allwirksames Reale durchdringt er auch alle lebenden Organismen und bildet ihre beharrliche und unzerstörbare Grundlage, den unverweslichen Aetherleib, der auch im Tode ausdauert, wenn der äußere verwesliche Leib seine Elemente dem Naturganzen zurückgiebt“.

Man bemerkt leicht, daß in allen diesen Darstellungen fast übereinstimmend der Aether als ein wesenloses Etwas, als das rechte „überall und nirgend“ vorgestellt wird, dem fast alle materiellen Eigenschaften, mit Ausnahme der Elasticität abgesprochen werden. — Darin liegt ein großer Widerspruch und dies setzt eine große Unklarheit voraus in der Beurtheilung! — Denn soll der Aether Elasticität — und zwar in hohem Grade — besitzen und zugleich der Träger (Vermittler) von Kräften sein, so muß er auch stoffliche, materielle Existenz haben, da Eigenschaften, Kräfte, so weit unsere naturwissenschaftliche Erfahrung reicht, nicht an einem bloßen Gedankendinge, dem abstracten Begriff, sondern nur an einem materiellen Stoff haften. — Folgeweise müssen dem Aether auch die allgemeinen und wesentlichen Eigenschaften aller Körper zukommen, wie z. B. Porosität, Theilbarkeit, Undurchdringlichkeit, Schwere, Adhäsion, Trägheit u. s. w., worauf wir noch zurückkommen werden. Es ist nun durchaus nicht unwichtig, jene unklare Vorstellung über die Natur des Aethers nach allen Richtungen hin aufzuweisen, da sie die gegenwärtig verbreitetste ist und unter der großen Anzahl von Gelehrten und Naturforschern nur erst wenige sich finden, welche abweichender Ansicht sind. — Wie der Aether dazu gekommen, in begrifflicher Hinsicht seine jetzige potenzierte (sublimirte, raffinirte) Gestalt anzunehmen, das lehrt am besten ein kurzer historischer Discurs.

Zur Zeit, als Kepler die Gesetze entdeckt hatte, nach welchen die Bewegung der Planeten sich vollzieht, da drängte sich bald die Frage in den Vordergrund: was treibt die Planeten in so rasendem Fluge durch den Weltenraum? wo liegt die Ursache dieser wunderbaren Erscheinungen? und Cartesius gab zuerst eine Antwort darauf. Er hatte die Ueberzeugung gewonnen, daß ein leerer Raum aller irdischen Erfahrung widerspreche⁷⁾. Und was lag näher, als diesen Weltenraum mit dem Stoff zu erfüllen, welchen die irdische Atmosphäre bietet, mit atmosphärischer Luft, wenn auch etwas feiner und dünner? Er erfüllte deshalb mit solcher verfeinerten Luft, Aether genannt, den unendlichen Raum und stellte sich weiter vor, daß diese Materie fortwährend die verschiedensten Bewegungen vollführe — obwohl sie nicht aus Elementen der ersten Art (der feinsten Materie, woraus die Fixsterne bestehen) zusammengesetzt, sondern aus Elementen der zweiten Art (etwas größer und an Gestalt verschieden) — ganz besonders aber in kreisenden Wirbeln (ähnlich den Wasser- und Luft-Wirbeln) dahinströme und die Planeten auf ihrem Strome schwimmend um die Sonne führe. — Analog der bekannten wirbelnden Bewegung des Wassers und der atmosphärischen Luft, und der Erscheinung, daß die Luftwirbel der Atmosphäre die sogenannten Wasser- und Sandhosen erzeugen, welche bei ihrer fortschreitenden Bewegung alle betroffenen Gegenstände mit sich fortreißen, hatte diese Ansicht um so mehr Wahrscheinlichkeit für sich, als man damals das Wesen der Wirbelstürme und Wirbel, wie es Dove⁸⁾ so ausführlich und lichtvoll begründet hat, noch gar nicht kannte. Jedenfalls mußte also dieser Aether schon etwas compact und dicht sein, um solche Wirbelströmungen erzeugen und derartige Arbeit verrichten zu können. — Auch bei L. Euler ist der Aether, wie oben mitgetheilt wurde, noch eine äußerst feine Himmelsluft. Erst die Haupt-

7) Cartesius. Principien der Philosophie. 3tes Buch. Amsterdam 1644. Deutsch von R. Fischer.

8) Dove. Gesetz der Stürme. 3te Aufl. Berlin 1866. S. 148—155.

begründer der Wellentheorie des Lichts, der Engländer Th. Young († 1829) und der Franzose Aug. Fresnel († 1827) brauchten für ihre vielen und umfassenden Untersuchungen als Grundlage, um die Erscheinungen erklären zu können, einen Aether, wie er oben beschrieben worden ist, wie er, seitdem ziemlich allgemein angenommen, aus dem ursprünglich vorausgesetzten Begriff des Aethers allmählig sich entwickelt hat, indem eine Reihe von Eigenschaften nach Bedürfnis abgestreift wurde. — Um die Gesetze der doppelten Brechung in den Krystallen zu erklären, verfährt Fresnel z. B. in folgender Weise: alle zum regulären Krystallsystem gehörigen Krystalle zeigen keine doppelte Brechung; alle den übrigen Systemen angehörigen Krystalle sind hingegen doppeltbrechend. Unter diesen sind wiederum alle Krystalle des quadratischen und hexagonalen Systems, wie Zinnstein, Kalkspath u. s. w. optisch einaxig, d. h. es giebt nur eine einzige Richtung in ihnen, nach welcher alle Lichtwellen den Krystall mit gleicher Geschwindigkeit durchheilen (optische Aze, zugleich krystallographische Hauptaxe); alle Krystalle der drei übrigen Systeme, des rhombischen, klinorhombischen und klinorhomboidischen sind optisch zweiaxig, d. h. sie zeigen zwei Richtungen, in denen sich die (ebenen) Lichtwellen mit derselben Geschwindigkeit fortpflanzen; z. B. Arragonit, Glimmer, Gyps. — Um nun den doppelten Strahl, den ordinären und extra-ordinären Lichtstrahl bei der doppelten Brechung zu verstehen, nimmt Fresnel an⁹⁾, daß die Elasticität des Aethers in den doppeltbrechenden Krystallen nicht nach allen Richtungen die gleiche sei; der Kalkspath z. B. habe in der Richtung der krystallographischen (optischen) Hauptaxe die größte, in jeder darauf senkrechten Richtung die kleinste Elasticität. Ferner in den optisch-zweiaxigen Krystallen sei die Elasticität des Aethers weder nach allen Richtungen die gleiche, noch gebe es in denselben eine Aze, um welche herum, wie bei den optisch-einaxigen — die Elasticität des Aethers ganz symmetrisch sich zeige. — Offenbar kann man daher von den Anhängern dieser Aethertheorie — den Vorwurf nicht fern halten, daß sie den Aether bald elastischer, bald dichter machen, je nachdem die Erklärung einer vorliegenden Erscheinung dies erfordert. „Um die Erscheinungen zu erklären, greift man zum Aether: um das Dasein des Aethers zu beweisen, stützt man sich auf die Erscheinungen¹⁰⁾.“ — Aber die Vorstellung vom Aether steht auch im wesentlichen Zusammenhange mit der Theorie von der Materie überhaupt, d. h. mit der Ansicht über die Constitution der Materie, und wir werden daher auch von dort aus neues Licht und deutlichere Einsicht gewinnen können.

Seit Leucipp und Demokrit haben sich Naturforscher und Philosophen vielfach bemüht, sei es auf speculativem Wege oder dem der Erfahrung — eine richtige Vorstellung über die Materie zu gewinnen — beide jedoch, bis jetzt vergebens. Bis vor wenigen Jahrzehenden standen sich besonders zwei Ansichten gegenüber, die atomistische¹¹⁾ (nach Demokrit) und dynamische¹²⁾ (nach Kant), beide unzureichend, weil mit Widersprüchen behaftet, welche dem scharfen und folgerichtigen Denken nicht begreiflich sind. Deshalb suchten die neuern Physiker sich damit zu helfen, daß sie beide Vorstellungsweisen verbanden und die Verschiedenheit der Aggregatzustände der Körper in der Art ableiteten, daß beim Ueberwiegen der Attraction (Anziehung) der Atome der feste Zustand entstehe, beim Ueberwiegen der Repulsion (Abstoßung) der luftförmige, beim Gleichgewicht beider der tropfbarflüssige; wobei die Atome als unendlich

9) Müller-Pouillet. Lehrbuch der Physik. Braunschweig. 7te Aufl. 1 Bd. S. 558—68.

10) Grove. Verwandtschaft der Naturkräfte. Deutsch von Schaper. 5te Aufl. Braunschweig 1871. S. 130.

11) A. Tellkamp. Physikalische Studien. Hannover 1854. S. 51, 83. — L. Euler; opuscula varii argumenti. Tom. I.

12) Kant. Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. 1786.

kleine Körperchen zwar, aber als ausgedehnt und nicht absolut untheilbar auftreten. — Dieser modificirten atomistischen Theorie gab die Entdeckung von den bestimmten Proportionen, stöchiometrischen Verhältnissen, Lehre von den Aequivalenten, nach welchen die Körper sich nur in bestimmten, einfachen Gewichts-Verhältnissen chemisch verbinden und gegenseitig vertreten können, eine noch umfangreichere und festere Begründung, so daß man schon anfang diesen theoretischen Bau für, auf die Dauer, unantastbar zu halten.

Da erschien 1850 eine kleine philosophische Abhandlung von George¹³⁾, worin eine neue Auffassung der Materie versucht wird. — Abweichend von der bisher üblichen Weise sucht der Verfasser die Materie aus der Betrachtung des gasförmigen Zustandes zu begreifen. Nach ihm¹⁴⁾ geht die Vorstellung eines Gases ganz auf in die der Expansion, und das Mariott'sche Gesetz ist eigentlich Nichts als eine vollständige Definition dieser Vorstellung. Zum Schluß (S. 16) heißt es daselbst: „Demgemäß erscheint die Materie, entsprechend dem Gaszustande, als identisch mit dem Begriff der Expansion, welcher zugleich mit ihr den Raum erzeugt, indem alle Materie, vermöge ihrer Expansivkraft einen unendlichen Raum einnimmt. Die Differenz der Dichtigkeit der Materie bei gleicher Expansivkraft bringt die spezifische Verschiedenheit der Gase hervor, durch deren Verbindung unter einander in einfachen Verhältnissen die Materie sich immer mehr differenzirt. — Das Gravitations-Gesetz wird dann das Princip aller weitem Gestaltung und die beiden Aggregats-Zustände des Flüssigen und Festen treten als Gestaltungen der Materie, dem gasförmigen als der reinen Materie gegenüber. Diese ist, wie es der Begriff einer Materie fordert, noch völlig ungestaltet und erst die Bewegung, welche selbst aus der Vorstellung der Materie abgeleitet ist, bringt die Veränderung in die Gestaltung hinein. Hiermit tritt erst die Vorstellung von Molecülen auf, welche also nicht der Materie als solcher, sondern nur der gestalteten zukommen. — Unsere Molecüle haben aber demgemäß auch gar nicht den Sinn von Atomen, daß sie untheilbare Größen wären, worin nothwendig ein Widerspruch liegt; denn sie sollen nicht erst das Ausgedehnte erklären, sondern dieser Begriff der Ausdehnung existirt für uns grade als der erste und in der Entstehung der Molecüle liegt es vielmehr, daß sie Massen sind, welche Größe und Schwere besitzen. — Sie sind daher mathematisch theilbar ins Unendliche, aber sie sind in der Wirklichkeit nicht weiter getheilt durch die gegebene Kraft der Gestaltung, welche ja ihrer Natur nach ein bestimmtes Maß haben muß“. Diese kleine Schrift ist recht verdienstvoll, nicht sowohl als Zeichen der Zeit, als der speculative Ausdruck aller gleichzeitig sich hervordrängenden Strebungen ähnlicher Art auf naturwissenschaftlichem Gebiet, sondern auch, weil sie anregend und befruchtend wirkte und noch wirkt auf manche nach gleichem Ziele gerichtete Forscher. — Bald darauf (1856) trat Krönig mit einer neuen Gas-Theorie auf und Clausius erweiterte sie durch eine Reihe scharfsinniger und gründlicher Abhandlungen. Foule und Maxwell waren ebenfalls in dieser Weise thätig. — Nach dieser Theorie bewegen sich die kleinsten Theilchen der Gase in graden Linien durch den Raum, stoßen wie kleine Geschosse theils aneinander, theils gegen die Gefäßwände und zwar mit ungewöhnlich großer Geschwindigkeit, um so größer, je leichter das Gas; z. B. bei der Temperatur des schmelzenden Eises, der Sauerstoff mit einer secundlichen Geschwindigkeit von 1514', Wasserstoff von 6050'. — Die Bewegung selbst wird aufgefaßt als Stoswirkung der, als absolut elastisch angenommenen kleinsten materiellen

13) George. Entwicklung einer neuen Theorie der Materie. Ofter-Programm des Cöln. Gymnas. Berlin 1850.

14) u. a. D. S. 3.

Theilchen, nach Analogie der elastischen Elfenbeinkugeln bei der Stoßmaschine. Darnach fällt die Expansivkraft als besondere, der Gravitation entgegenstehende Kraft fort und alle Erscheinungen sind zurückgeführt auf Wirkungen der Gravitation und des Zusammenstoßes materieller Theile. Ob die kleinsten Theilchen der Materie (Molecüle, Atome?) im Stadium der Gebundenheit durch die Cohäsion, oder im Zustande des Freiseins außer der schwingenden (Wellen-) Bewegung auch noch eine Rotation um die Aze, oder gar eine Rotation umeinander besitzen, ist nicht festgestellt. Letzteres, daß die Atome einander umkreisen (umwirbeln) nimmt H. Davy an; daher Rankine eine Theorie der Molecular-Wirbel aufgestellt hat. — Noch mehr verallgemeinert wird die Theorie Krönig's durch G. Hausmann¹⁵⁾. — In genauestem Zusammenhange damit steht auch die große Mauserungs-Erscheinung der modernen Chemie. A. W. Hofmann, ein Chemiker von hohem Ruf, sagt darüber 1866 in der Vorrede zu seinem chemischen Werk¹⁶⁾ „Die gewaltige Umwälzung, welche die chemischen Anschauungen während der letzten Decennien erlitten haben, ist eine vollendete Thatsache“. Und worin besteht diese Umwälzung? Die Gasvolum-Gewichte der Elemente bilden fortan die Grundlage für die Verbindungs-Gewichte und Ersatz-Gewichte der Stoffe, und aus dem Erwerb aller drei baut sich erst die chemische Wissenschaft auf. — Die volumetrische Auffassung der Materie im gasförmigen Zustande ist es, welche es ermöglicht, einen sichern experimentellen Grund für die chemischen Betrachtungen zu erwerben¹⁷⁾. Aus vielen andern Beobachtungen und Untersuchungen ist der Schluß berechtigt, sagt Hofmann, „daß die moleculare Structur aller gasförmigen Körper dieselbe sei, oder, daß, unter denselben physikalischen Bedingungen, die (kraftumhüllten) Molecüle aller Gase dieselben Dimensionen, dieselbe Größe besitzen. Und wenn dies richtig, fährt er weiter fort, so verhalten sich die Gewichte der Molecüle wie die Gasvolum-Gewichte der betreffenden Elemente und Verbindungen¹⁸⁾.

Wir sehen also, daß auch die moderne Chemie von der Betrachtung des Gases, als der eigentlichen (gestaltlosen) Materie, ausgeht, um darnach alles Andere, auch die Typentheorie, aufzubauen. — Obwohl demnach die gasförmigen Körper bis jetzt ausschließlich es sind, in deren Natur die Forscher einen etwas weitem Einblick gewonnen haben; aber die Erscheinungen derselben, über die Lagerungsverhältnisse der Molecüle in den flüssigen und festen Körpern nur sehr unsichere Anhaltspunkte geben, so haben doch eine Reihe von Physikern, Naturforschern und Gelehrten die Gestaltung auch der flüssigen und festen Körper aus Molecülen (Atomen?) immer von Neuem zu ergründen gesucht. — Ch. Wiener¹⁹⁾ sagt: daß die Form der Atome (fester Körper) eine sehr mannichfache, vielleicht jede beliebige sein und daß dieser Gestaltung nicht bloß durch die Formen des regulären Krystallsystems, sondern auf die mannichfachste Weise, z. B. durch die Kugelform entsprochen werden kann. Aber, es werden auch nach ihm alle Körper-Atome von einer Aetherhülle umschlossen. Und darüber läßt er sich wie folgt aus, und **Figur 16** zeigt dies anschaulich²⁰⁾: „unmittelbar um die Körperatome sind leere Räume; dann beginnt der verdünnte Aether, wird dichter und am dichtesten an, oder nahe an denjenigen Stellen zwischen den Atomen, wo sich die abstoßenden Kräfte der Körper-

15) Atome und ihre Bewegungen. Cöln 71.

16) A. W. Hofmann. Einleitung in die moderne Chemie. 5te Aufl. Braunschweig 71.

17) Hofmann. u. a. D. S. 125.

18) Hofmann. u. a. D. S. 237.

19) Atomenlehre. S. 65—76.

20) u. a. D. S. 50.

atome das Gleichgewicht halten“, wobei, wie oben bemerkt, vorausgesetzt ist, daß Körper- und Aether-Atome sich gegenseitig abstoßen. W. Wittwer verbreitet sich in ähnlicher Weise über das Verhältniß von Körper- und Aether-Atomen²¹⁾. Er sagt: „Die Aethertheilchen können daher nie für sich allein einen Körper von meßbarer Ausdehnung bilden, sie werden aber von den schweren Theilchen angezogen und bilden in ähnlicher Weise Hüllen um die Molecüle, wie es der Stoff thut, der als atmosphärische Luft unsere Erde umgiebt. — Daß die Himmelskörper auf den im Weltraum befindlichen freien Aether keine Einwirkung ausüben, das ergeben die Beobachtungen; man muß also annehmen, daß die Anziehung der Massentheilchen und die Abstoßung der Aetherhüllen auf den freien Aether sich im Gleichgewicht befinden; denn sonst müßte bei größerer Anziehung der Aether des Weltraums um die Gestirne herum dichter, im entgegengesetzten Falle dünner sein, als in größerer Entfernung. Ein solcher Zustand ist aber in den Erscheinungen des Lichts nicht bemerkbar geworden“. Im Gegensatz zu diesen mehr theoretisch-speculativen Versuchen, die Entstehung und Gestalt der materiellen Welt, die Bildung der verschiedenen Körper aus ihren Elementen zu begreifen — denen sich noch L. Euler's (opuscula varii arg. Tom. I.), Laplace's (exposition du systeme du monde) und anderer gewiegten Gelehrten Arbeiten anreihen lassen — wollen wir einige Daten aus dem vorwiegend experimentellen Gebiet hervorheben.

Chr. Ehrenberg, der berühmte Erforscher der mikroskopischen Welt, giebt in einer kleinen Abhandlung²²⁾ an, wie er das Entstehen der Krystalle zu ergründen gesucht, nachdem er zahllose Beobachtungen in Betreff der Entstehung organischer Körper aus einem Urschleim ausgeführt, ohne jemals derselben auf den Grund gekommen zu sein. Er sagt: „es entsteht plötzlich ein fester, wegen geringerer Durchsichtigkeit erkennbarer Punkt in der durchsichtigen Flüssigkeit, welcher mit erstaunenswerther Geschwindigkeit wächst. Die Ränder des rasch wachsenden Krystalls sind immer durchaus scharf zu erkennen und um den Krystall ist Ruhe und Klarheit“. — A. Tellkampfb hebt in seinen mikroskopischen Beobachtungen über Krystallbildungen hervor²³⁾, wie es unmöglich sei, das eigentliche Entstehen der Krystalle zu beobachten. Selbst bei einer zu diesem Zweck besonders geeigneten, gesättigten Alaunlösung, erschienen anfänglich, unter sehr starker Vergrößerung, dem Auge kaum bemerkbare graue Pünktchen, welche sich allmählig zu kleinen Gestalten von noch unerkennbaren Unrissen erweiterten, in denen jedoch der helle Kern und die dunklen Ränder sehr wohl zu unterscheiden waren. Andere Beobachter bestätigen im Wesentlichen diese Thatsachen²⁴⁾. Indessen geht aus allen mikroskopischen Beobachtungen — an Krystallen wie an Pflanzen und Thieren — nur das Eine bestimmt hervor: die Form der Molecüle (Atome?) ist aus den kleinsten Pünktchen der Materie, auch mit dem besten Mikroskop — bis jetzt nicht zu bestimmen gewesen. Ob die Molecüle kugelförmige Gestalt (wie R. Brown will) oder vielmehr nach Hany's Ansicht durch und durch gleichmäßig gebildete, von ebenen Flächen symmetrisch begrenzte Körperchen sind, ist unentschieden. —

Ueberschauen wir die bisherigen Erörterungen über die Constitution der Materie, so ist allerdings die thatsächliche Grundlage darin noch klein und unzulänglich; und die Betrachtungen sind vorwiegend speculativer Natur. — Gemeinsam in allen ist die Vorstellung, daß

21) W. Wittwer. Lehrbuch der Physik. S. 125.

22) Ch. Ehrenberg. Einige Krystallisations-Verhältnisse. Poggendorff's Annalen 1835. S. 237.

23) A. Tellkampfb. Physikalische Studien. Hannover 1854. S. 35.

24) F. Scharff. Der Krystall und die Pflanze. Frankfurt a. M. 1862. S. 31.

der gestaltlose Stoff, das Gas, dem Begriff der Materie am meisten entspricht und daher zuerst die Erscheinungen der Gase allseitig zu erforschen und festzustellen sind.

Wenn nun der Aether unzweifelhaft ein Gas ist — wie allgemein zugestanden wird — so muß er sich auch wohl mit verschiedenen andern Gasen vergleichen lassen und daher dürfte die vorgetragene Lehre von der Constitution der Materie, insbesondere die neuere Gastheorie uns einige Aufschlüsse geben.

Daß zunächst die atmosphärische Luft, in Hinsicht auf die Kleinheit der Molecüle (Atome!) dem Aether durchaus nicht nachsteht, wird folgende Betrachtung ergeben: Loschmidt hat aus einer Arbeit Maxwell's „über die mittlere Geschwindigkeit der Gastheiligen und ihre mittlere Weglänge“ die Größe der Luftmolecüle bestimmt²⁵⁾. Wir entnehmen aus dieser Bestimmung, daß Maxwell ein Gesetz gefunden, welches nach einer kleinen Umformung lautet: der Durchmesser eines Gas-Molecüls ist gleich der achtfachen mittleren Weglänge, multiplicirt mit dem Condensations-Coëfficienten. — Bei der atmosphärischen Luft hat man den Condensations-Coëfficienten gleich $\frac{1}{1155}$ und für die mittlere Weglänge den Werth 170 Millionstel Millimeter ermittelt. Daraus beträgt der Durchmesser eines Luftmolecüls ungefähr 1 Millionstel des Millimeters. — Erwägt man, daß $2\frac{2}{11}$ Millimeter auf eine Linie gehen, also ein Millimeter noch nicht eine halbe Linie ausmacht, und denkt sich diese Längen-Einheit in eine Million gleiche Theile getheilt, so entsteht allerdings eine so kleine Größe, von der wir keine Vorstellung mehr haben. — Bis dahin gehörte zu den kleinsten gemessenen Größen der Physik die Länge der Lichtwellen. Nach frühern Angaben in der Wellentheorie gehen auf einen Zoll 37,640 Wellenlängen des rothen Lichts; dies macht auf einen Millimeter annähernd 1400 rothe Lichtwellen-Längen. Daraus erhellt, daß der berechnete Molecular-Durchmesser der atmosphärischen Luft circa den 700sten Theil von der Wellenlänge des rothen Lichts beträgt, und dieser Durchmesser verhält sich zur Länge einer Linie ungefähr wie die Linie selbst zur deutschen Meile. Setzt man diese Rechnung weiter fort, so ersieht man leicht, wie ein Kubik-Millimeter Luft durch die Billionen hindurch zur Trillion Molecüle ansteigt. — Da nun ein Kubikmillimeter dest. Wassers dem Gewicht von 1 Milligramm (ein zehntausendstel Neuloth) entspricht, so möchte wohl ein Trillionstel Milligramm als schicklichste Gewichts-Einheit für die Molecüle (Atome?) der Chemiker dienen. — So staunenerregend aber diese Zahlen, so reichen sie doch vielleicht nicht aus für die kleinen Welten der Mikroskopiker. Nach Ehrenberg sind in einem Kubizoll des Bilsner Polirschiefers (Triepel, Kieselguhr) in runder Zahl 41,000 Millionen Kieselpanzer, als Ueberreste von kieselchaaligen Infusorien, enthalten. Auf den Kubik-Millimeter macht dies annähernd $2\frac{1}{3}$ Millionen. Für jetzt ist also diese Zahl noch winzig klein, verglichen mit der obigen Anzahl der Luftmolecüle in gleichem Raum. — Daß aber diesen berechneten Größen auch reale Dinge auf physikalischem Gebiet entsprechen, hat Faraday durch ein sinnreiches Verfahren bewiesen. Er stellte Goldhäutchen dar, welche nur eine Dicke von $\frac{1}{100}$ Wellenlänge rothen Lichts besaßen und bereits mit weißem Licht durchscheinend waren.

Was also die Kleinheit betrifft, so können sich die Luftmolecüle mit den Aether-Molecülen gewiß messen. — Aber auch die Schwere muß den Aethermolecülen nothwendig zukommen, nicht etwa deshalb, weil sie, wie oben schon ausgeführt wurde, materiell sind, sondern, weil sie, nach der allgemeinen Annahme, von den Körperatomen angezogen werden und Aetherhüllen um dieselben bilden sollen. Dies wäre ohne Schwere (Masse) unmöglich!!

25) O. Schlömilch... Zeitschr. für Mathematik, Physik. X. Jahrgang. 1865. S. 511.

Wir finden also den Aether schon in drei Eigenschaften fast identisch mit der atmosphärischen Luft, in der Expansivkraft, Kleinheit der Moleküle, der Schwere. — Wir werden nunmehr vollends zu zeigen versuchen, wie der Aether in der bisher üblichen Vorstellungsweise nicht bestehen kann, daß er vielmehr durch die atmosphärische Luft zu ersetzen ist. Folgende zwei wichtigen Grundsätze Zöllner's²⁶⁾ — welcher Kant, seine allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, und damit Newton gründlich studirt hat — können dabei als Richtschnur dienen, als nothwendig für die Erklärung der Erscheinungen im Weltenraum, an denen unverbrüchlich festgehalten werden muß.

- 1) „Bei allen Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper dürfen zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen nur solche Kräfte und Erscheinungen vorausgesetzt werden, deren Analogien man auf der Erde zu beobachten und zu erforschen Gelegenheit hat“.
- 2) „Man muß bei allen Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper von der Annahme ausgehen, daß die allgemeinen und wesentlichen Eigenschaften der Materie im unendlichen Raum überall dieselben seien“.

Diese Grundsätze finden eine sichere Stütze in den Thatsachen und andern Theorien, welche früher erörtert wurden.

Czolbe²⁷⁾ hat sich ausführlich gegen den Lichtäther, wie auch gegen Wärmestoff und elektrisches Fluidum erklärt und läßt als Substrat der mitgetheilten Bewegungen nur die eine, als begrenzte und undurchdringliche Ausdehnung erkannte Materie, gelten. Es ist allerdings Thatsache, die Lichtwellen verbreiten sich sehr viel rascher durch die Luft als die Schallwellen; aber daraus folgt noch nicht nothwendig, daß zwischen der Materie ein ungemein elastischer Aether von sehr geringer Dichtigkeit sich ausbreitet. Es können in derselben Luft gleichzeitig zwei verschiedene Zustände Statt haben; der eine geeignet, die Längswellen des Schalls, der andere die Querswellen des Lichts fortzupflanzen. Diese Annahme hat, nach Czolbe, eine Stütze an folgenden Thatsachen und Betrachtungen. Jeder elastische Körper zeigt um so höhern Grad von Elasticität, je weniger er von Außen zusammengedrückt wird. Die atmosphärische Luft nimmt daher von der Grenze unserer Atmosphäre, je näher man der Erde kommt, trotz der Zunahme der Spannung, an Elasticität immer mehr ab, in dem Maße als sie zusammengedrückt und dichter wird; je weiter hingegen von der Grenze unserer Atmosphäre in den Weltenraum, um so dünner und elastischer die Luft, so daß die ungemein dünne Luft zwischen den Himmelskörpern den höchsten Grad der Elasticität besitzt.

Man muß also unterscheiden Luft von sehr großer Elasticität und sehr geringer Dichtigkeit, und umgekehrt, Luft von geringer Elasticität und großer Dichtigkeit. Beide Zustände können zugleich in der Atmosphäre Statt finden, meint Czolbe, und zwar jener in horizontaler Richtung (für die Lichtwellen), dieser in verticaler Richtung (für die Schallwellen). Es liegt auch kein Widerspruch darin, in demselben Körper zwei verschiedene Elasticitäten und Dichtigkeiten anzunehmen, wie ja mehrere Forscher erwiesen haben, daß in demselben elastischen Körper zwei Wellensysteme angenommen werden können mit verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeit (Poisson, Lamé, Clebsch). — Und Nichts hindert die Annahme, daß die atmosphärische Luft den Raum zwischen den Planeten — mögen sie gar keine oder eine mehr oder weniger dichte, wahrnehmbare Atmosphäre zeigen — bis zur Sonnenatmosphäre (und weiter den Weltraum!) ausfülle. Denn bei ihrer ungemein großen Dünne und Feinheit dort, kann

26) Zöllner. Photometrische Untersuchungen. Leipzig 1865. S. 206. 209.

27) H. Czolbe. Neue Darstellung des Sensualismus. Leipzig 1855. S. 115—118.

sie die Bewegungen der Himmelskörper nicht wahrnehmbar beeinflussen, mit Ausnahme derer von solchen, welche, wie die Kometen (namentlich der Enke'sche), eine sehr geringe Dichtigkeit besitzen. — Daß der vermeintliche Lichtäther nicht solche Wirkung veranlassen kann, ist schon daraus zu entnehmen, daß dieser durch die Körperwelt nicht den geringsten Widerstand erfahren soll; folglich vermag er auch nicht irgend einen Widerstand zu leisten.

Ueber die vermeintliche Grenze der Erdatmosphäre ist Folgendes anzuführen. — Viele Naturforscher haben sich bemüht, die Grenze derselben, d. h. ihre Höhe zu bestimmen. Unter Zugrundelegung des Gesetzes über die Wärme-Abnahme der Luft mit der Höhe berechnet sich die Höhe der Atmosphäre auf 7 bis 27 Meilen. Nach Laplace ist die Grenze der irdischen Atmosphäre dort, wo die mit der Höhe wachsende Centrifugalkraft sich mit der Erdschwerkraft ins Gleichgewicht gesetzt hat, und dies findet statt in der Höhe von $6\frac{2}{3}$ Erdhalbmessern oder circa 5700 Meilen. Dasselbe Ziel hat man aus der Brechung und Zurückwerfung des Lichts in den Lufttheilchen zu erreichen gesucht. Indes nimmt man gewöhnlich die Höhe der Atmosphäre auf zehn Meilen, höchstens auf dreißig Meilen an. — Nun hat eine Reihe bekannter und hochgeschätzter Astronomen, z. B. G. Forbes, J. Herschel, Petersen, Erman u. s. w., gefunden, daß die Sternschnuppen in Höhen von 20—100, ja 300 Meilen leuchten, also in Höhen, welche weit die angegebene gewöhnliche Grenze unserer Atmosphäre überschreiten. — Nach dem früher über die Sternschnuppen Borgebrachten muß also in diesen Höhen nicht bloß atmosphärische Luft vorhanden sein, sondern dieselbe muß auch noch eine nicht unerhebliche Dichtigkeit besitzen. Aus dieser großen Verschiedenheit in der Grenzbestimmung läßt sich auf die Unsicherheit der Sache selbst schließen, d. h. es ist mehr als wahrscheinlich, daß gar keine Grenze vorhanden ist.

Hören wir jetzt noch zwei Hauptgegner der Aethertheorie, einen der ältesten, den bekannten englischen Naturforscher Grove, und einen jüngern, D. Meibauer. —

Grove hat sich in seiner Schrift „Verwandtschaft der Naturkräfte“²⁸⁾ über diesen Gegenstand also ausgelassen: „in einer im Januar 1842 abgehaltenen Vorlesung, wo ich zuerst die in diesem Buch vertheidigten Ansichten vorbrachte, that ich dar, daß es mir mehr mit den bekannten Thatsachen übereinzustimmen schien, wenn man das Licht als ein Resultat des Schwingens oder der Bewegung der Moleküle der Materie selbst ansehe, als von einem sie durchdringenden Aether herleite; grade so, wie ein Ton durch Schwingungen von Holz fortgepflanzt wird, oder Wellen im Wasser“ (Ansicht L. Euler's). Unter den Gründen, welche Grove weiter für diese Ansicht anführt, heben wir folgende aus:

1) Es ist Thatsache — nach früherer Auseinanderlegung — daß alle Naturkräfte in inniger Verwandtschaft stehen, und dies ist ein zwingender Beweis dafür, daß sie alle nur Zustände derselben Materie sind.

2) Eine Menge experimenteller Thatsachen bestätigen, daß irgend ein Wechsel in der innern Beschaffenheit eines Licht fortpflanzenden oder dasselbe zurückwerfenden Mittels, auf das Licht selbst einen Einfluß übt, und umgekehrt, Licht die Structur der Materie verändert, den Molekülen neue Kennzeichen ausdrückt.

3) Es ist keine begründete Annahme, wenn man dem Aether beimeißt, daß er seine Elasticität mit jeder Structur-Veränderung der Materie wechselt (Fresnel).

4) Möglicherweise haben die kunstvollen mathematischen Arbeiten über das Licht beigetragen, der Aether-Hypothese einen unverdienten zufälligen Werth beizulegen.

28) Grove. Verwandtschaft der Naturkräfte. 5te Aufl. Deutsch E. v. Schaper. 1871. S. 119.

5) Die Annahme eines specifischen Aethers setzt voraus, daß die Materie in ihrer Ausdehnbarkeit begrenzt ist. Dann hätte der Aether im Weltraum einen Widerstand zu leisten (gegen die Kometen); dazu fehlen ihm die Eigenschaften.

6) Daher ist es am wenigsten ungereimt, die gemeine Materie als überall verbreitet anzunehmen, sie in ihrer Ausdehnbarkeit als unbegrenzt anzusehen. Sie erfüllt also auch die interplanetaren Räume, pflanzt dort Licht und Wärme fort und wenn sie auch in ihrer äußersten Verdünnung die allgemeinen Eigenschaften (z. B. Schwere) nur in unendlich geringem Grade äußert, so wird sie doch näher an der Erdoberfläche eine merklichere Dichte erhalten, und diese dichtere Materie ist zum größern Theil selbst der Träger der Schwingungen jener Agentien. Fügen wir noch hinzu, daß spectralanalytische Beobachtungen in der Atmosphäre der Sonne und einiger Planeten (Jupiter, Saturn) die Gegenwart ähnlicher Gase, wie die unserer Erdatmosphäre, ergeben haben, auch die Meteorsteine permanente Gase im Innern aufweisen, so ist die Grenze der Atmosphäre aufgehoben. — Setzen wir daher mit Grove atmosphärische Luft, freilich in sehr verdünntem Zustande, statt Aether! Mag man dann diese dünne feine Luft wiederum mit dem Namen Aether belegen, so ist dieser wenigstens ein permanentes Gas, ein greifbarer, chemisch indifferent, schwerer Körper, dem die allgemeinen Eigenschaften der Materie zukommen.

Wenn nun die Himmelskörper, z. B. die Erde, sich aus der Luft des Weltraums eine Atmosphäre verdichten, so entsteht allerdings eine gewisse Grenze dort, wo die Luft des Weltraums sich von der specifischen Atmosphäre scheidet. Aber nach ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheidet sich die Luft des Weltraums um Nichts von der der Erdatmosphäre, mit Ausnahme etwa, daß Wasserdampf und Kohlenäure daraus niedergeschlagen sind. Denn, wie weit wir auch die atmosphärische Luft abkühlen oder verdünnen mögen, durch Luftpumpe und Wärme, es ist nicht die geringste Veränderung im Zusammenhange der Gase wahrzunehmen. Ihre Eigenschaften sind unveränderlich. Dies ist auch mit der Kant'schen Ansicht von der Bildung unseres Sonnensystems in genauem Zusammenhange. — Sonne, Planeten und Monde entstanden allmählig durch Verdichtung, aber die permanenten Gase vertheilten sich im Sonnensystem. Doch, wir sind noch nicht zu Ende — mit der Begründung, daß der Aether ersetzt werden müsse durch die atmosphärische Luft!

Wir haben noch zwei wichtige Einwürfe zu berühren — und zu widerlegen — die gegen diese Ansicht, also zu Gunsten des Aethers gemacht worden sind²⁹⁾.

Wie das Licht sich verbreiten könne im Toricelli'schen Raum über dem Quecksilber des Barometers, worauf Magnus zuerst aufmerksam gemacht hat, oder unter der Glocke der Luftpumpe — das zu erklären ohne den Aether, erschien schwierig. — Doch dagegen ist zu bemerken: es ist ungenau, daß im Toricelli'schen Raum, oder unter der Glocke der Luftpumpe sich keine Luft befinden soll. — Nach der unendlichen Kleinheit der Moleküle der atmosphärischen Luft (1 Million auf 2 Millimeter Länge) — wie oben erörtert — ist das Vorhandensein der atmosphärischen Luft im Toricelli'schen Raum, wenn nicht nachweisbar, doch sehr wahrscheinlich, da jeder Körper, auch der menschliche Organismus, mit Luft gefüllte Poren besitzt. — Glas ist porös, weil es experimentell als zusammendrückbar sich erwiesen hat, und trotzdem man das Quecksilber erhitzt, können doch Glas und Quecksilber durch Absorption atmosphärische Luft enthalten, demnach im Toricelli'schen Raum sich Luft vorfinden. Davon abgesehen, muß es auch über dem Quecksilber wenigstens Quecksilberdämpfe geben, da alle Flüssigkeiten im

29) Vergl. Grove u. a. D. S. 126. 121.

Luftverdünnten Raum verdampfen und diese Dämpfe können statt der atmosphärischen Luft die Lichtwellen fortpflanzen. Mit der Luftpumpe steht es noch einfacher. Durch dieselbe läßt sich kein vollständig leerer Raum herstellen, weil durch jeden neuen Kolbenzug die unter der Glocke vorhandene atmosphärische Luft nur von Neuem verdünnt wird.

Ein anderer Haupteinwand — von Th. Young — ist der, daß alle Körper mit der Eigenschaft, Sonnenphosphore zu sein, behaftet sein müßten, wofern Licht in Vibrationen der gemeinen Materie bestände. Dem ist entgegenzusetzen: manche Körper besitzen diese Eigenschaft (siehe II.), aber in sehr verschiedener Dauer; es ist darnach noch nicht zu entscheiden, ob nicht alle Körper diese Eigenschaft besitzen, wenn auch vielleicht viele nur für so kurze Dauer, daß sie uns nicht wahrnehmbar ist. — Sicherlich bieten uns die Erscheinungen der Phosphoreszenz, mittelst Bestrahlung durch Sonnenlicht, sowie der Fluoreszenz (mit schwefelsaurem Chinin, oder Uranglas — II. beim Spectrum) den Beweis, wie feste Materie durch den Angriff des Lichts eine moleculare Beeinflussung — einen Schwingungszustand — erfährt, und dieser Beweis ist eine Stütze für die Ansicht, daß atmosphärische Luft den Weltraum erfüllt. — Dies giebt auch Th. Young theilweise zu, indem er in der Phosphoreszenz eine Aehnlichkeit findet mit dem, durch Luft bewirkten, Mittlingen musikalischer Instrumente, ohne eine Erklärung nach der Aethertheorie zu geben.

Auch Meibauer, einer der jüngsten Gegner der Aethertheorie, hat ausführlich die Ansicht entwickelt³⁰⁾, daß atmosphärische Luft den Raum unseres Sonnensystems erfüllt und daraus weitere Schlüsse gezogen, welche auf manche bekannte Thatfachen neues Licht werfen, oder — sie dem klaren Verständniß näher führen. Man begreift darnach leichter das regelmäßige Schwanken des Luftdrucks, die regelmäßige Variation der Luftpolarität, die Erscheinungen des Nordlichts und des unveränderten Sauerstoff-Gehalts unserer Atmosphäre. — Wenn wir jetzt, nach Allem Vorgegangenen, noch einmal einen vergleichenden Blick werfen auf Schall, Licht und Wärme u. s. w., so kommen wir zu folgendem bestätigendem Abschluß über das Nichtvorhandensein eines Aethers.

Die Aehnlichkeit der Erscheinungen zwischen Schall und Licht läßt sich bis ins Einzelne verfolgen. Nachdem SONDHAUS die Brechung und DOVE die Polarisation der Schallstrahlen aufgezeigt, sind für Schall und Licht die Gesetze der Zurückwerfung, Brechung, Interferenz, Beugung, Polarisation dieselben. Warum, so fragt man, sollen nun für Beide die schwingenden Medien so verschieden sein, wie Aether und Luft?! — Die Erscheinungen der Wärme werden, nach der dynamischen Theorie (III) durch Wellenbewegungen der gemeinen Materie erklärt, und zwar können sie durch diese Molecularthätigkeit der gewöhnlichen (gemeinen) Materie vollständig — nicht aber durch die Bewegung eines unwägbaren Aethers — verstanden werden. — Nun sind Licht und Wärme in ihren Erscheinungen wiederum so sehr analog, daß nicht einzusehen ist, weshalb eine dem einen Agens zu Grunde gelegte Theorie, nicht auch dem andern als Grundlage dienen sollte. Werden doch die Leitung, Zurückwerfung, Brechung, Polarisation der Wärme als Zustände der gewöhnlichen Materie betrachtet; warum soll angenommen werden, dieselben Erscheinungen würden beim Licht durch einen unwägbaren Aether, und zwar allein durch einen solchen, veranlaßt? — Man kann nach Umständen Schall, Licht, Wärme, Electricität, Magnetismus hervorbringen durch verschiedene Grade der Reibung, verbunden mit der Beschaffenheit der Körper. Eisenstäbe geben z. B. beim Hämmern zuerst einen

30) Meibauer. Der Novemberschwarm der Sternschnuppen. Berlin 1868. S. 22. 32.

Ton, dann werden sie magnetisch — dann warm — dann glühend und leuchtend. Durch Zusammenpressen kann man Luft heiß, Bergkrystall elektrisch, Glas leuchtend machen.

Wird zugegeben, daß eins der Agentien Licht, Wärme, Electricität, Magnetismus u. s. w. eine Art Bewegung sei, so führt die Thatsache, daß dieses fähig ist, die übrigen zu erzeugen und von ihnen erzeugt zu werden (III.), zu dem Widerstreit, einige der Agentien sich als moleculare Bewegungen, andere als Schwingungen eines Aethers vorstellen zu müssen. Schall, Wärme, Licht scheinen mindestens darnach nur quantitativ verschieden.

Auch Dove ist mit dieser Ansicht im Einverständniß, indem er in sinn- und geistreicher Weise die Erscheinungen eines Stabes vorführt³¹⁾, von dem er sich vorstellt, daß er in der Mitte eines großen, finstern Zimmers sich befinde, in Schwingungen versetzt sei, dergestalt, daß die Geschwindigkeit der Schwingungen, durch eine besondere Vorrichtung, fortwährend vermehrt werden könne. — Nur wenige Zeilen daraus: „Ich trete in dies Zimmer“, sagt er, — „ich fühle plötzlich von der Stelle her, in welcher der Ton verhallte, eine angenehme Wärme sich strahlend verbreiten, wie ein Kaminfeuer sie ausendet. Aber noch bleibt Alles dunkel. Doch die Schwingungen werden noch schneller, ein schwaches rothes Licht dämmert auf, es wird immer lebhafter, der Stab glüht roth, dann wird er gelb und durchläuft alle Farben, bis nach dem Violett Alles wieder in die Nacht versinkt. So spricht die Natur nacheinander zu den verschiedenen Sinnen, zuerst ein leises, nur aus unmittelbarer Nähe vernehmliches Wort, dann ruft sie mir lauter aus immer weiterer Ferne zu, endlich erreicht mich auf den Schwingen des Lichts ihre Stimme aus unmeßbaren Fernen!“ Fassen wir endlich die Ergebnisse des vorigen (IV.) und dieses Abschnitts zusammen, so gelangen wir zu dem Schluß:

- 1) Licht ist eine Molecularschwingung der gewöhnlichen (gemeinen) Materie;
- 2) die Schwingungen des leuchtenden Körpers — sei es der Sonne, oder irgend eines andern — theilen sich der Luft des Weltraums mit und gelangen zu unserm Sehorgan, auf ähnliche Art, wie der Schall zum Ohr³²⁾.

Auf etwas kürzerm Wege hat freilich Göthe's Mephistopheles längst die ganze Lehre vom Licht in folgenden wenigen markigen Zügen geschildert:

„Von Körpern strömt's, die Körper macht es schön,
Ein Körper hemmt's auf seinem Gange,
Und somit hoffe ich, dauert es nicht lange,
Und mit den Körpern wird's zu Grunde gehn“.

Schlußbetrachtung.

Wenn es wahr ist, was man unserm gegenwärtigen Zeitalter als Vorwurf entgegenhält, daß der Materialismus in ihm sich überall recht breit mache, so kann man — vielleicht eben deshalb — einer andern Wahrnehmung sich noch weniger entziehen, daß nämlich das logische Bedürfniß, die Richtung zur mehr speculativen Betrachtung der Dinge auf allen Gebieten geistigen Lebens entschieden hervortritt.

31) Dove. Darstellung der neuern Farbenlehre. Berlin 1853.

32) Czolbe meint (u. a. D. Seite 140) nach Cartesius, die Lichtwellen entstünden erst durch eigenthümliches Ineinandergreifen der rotirenden Sonnenatmosphäre in die ungemein dünne und elastische Luft des Weltraums, — eine Ansicht, die nach Vorigem unhaltbar ist.

Und gewiß ist es erfreulich zu sehen, wenn die Geister sich regen und beflissen sind, den überall angehäuften unendlichen Stoff von Thatfachen und Erscheinungen systematisch zu ordnen, zu einer höhern Einheit zu verbinden, oder wohl auch zu einem speculativen, philosophischen Aufbau zu verwenden und den philosophischen Trieb, welcher seit Jahrzehnden aus dem Zeitbewußtsein zurückgetreten schien, wieder zu bethätigen¹⁾.

Dies veranlaßt uns noch zu folgendem Gedankengange: Bei der Lehre von der Umwandlung oder Verwandtschaft der Naturkräfte (III.) haben wir die Beziehung aufgesucht zwischen den verschiedenen Kräften und zu zeigen uns bemüht, wie jede der Reihe nach willkürlich ausgewählt, als Ausgangspunkt oder ursprüngliche Kraft hingestellt werden kann, und mittel- oder unmittelbar die übrigen hervorzurufen oder auch in dieselben sich umzuwandeln vermag. Die verschiedenen Naturkräfte stellten sich dabei als eben so viele Modificationen (Formen) der einen Kraft dar. (Ob die circa 70 chemischen Elemente sich auch auf eine geringere Zahl zurückführen oder gar als Abänderungen eines Stoffs betrachten lassen werden, klingt zwar gegenwärtig etwas phantastisch — doch der Gedanke findet neuerdings wieder Aufnahme). Es schloß sich daran das Gesetz von der Erhaltung der (lebendigen) Kraft und der Erhaltung der Materie, d. h. der Vorrath an lebendiger Kraft und an vorhandener Materie ist im Naturganzen (Weltenraum) unveränderlich. Wir können eben so wenig die Quantität der wirkungsfähigen Kraft, als die Quantität der Materie vermehren oder vermindern. — Diese Behauptung schließt die andere ein, daß wir im Universum überall dieselben Kräfte und dieselben Materien vorhanden und wirksam denken, wie auf der Erde. Mit dieser Ansicht ist die erweiterte Kant-Laplace'sche Theorie von der Entstehung der Weltkörper in voller Uebereinstimmung.

Es mag freilich schon einige Hunderttausende von Jahren her sein, als unser Sonnensystem mit seinen Planeten, Trabanten und allem Zubehör noch ein einziger, glühender Gasball war, der um seine Achse sich drehte. Aber daß dieser Zustand einmal stattgefunden hat, das ist, nach gegenwärtigem Stande der Wissenschaft, fast unzweifelhaft. — Das Newton'sche Gesetz der Gravitation wurde von seinem Urheber nur im Bereich unsers Sonnensystems als gültig hingestellt. Diese Grenze hat es längst überschritten; man hat es in den Bewegungen unermesslich ferner Doppelsterne als wirksam wiedererkannt, seine Gültigkeit auch an andern Fixsternsystemen im Weltenraum bestätigt gefunden. Ebenso ist es mit der Kant'schen Kosmogonie bestellt; auch sie ist ausgedehnt auf weitere, auf viele, wahrscheinlich verwendbar auf — alle Fixsternsysteme.

Bei ungefährender topographischer Schätzung beträgt die Anzahl der Fixsterne am ganzen Himmelsgewölbe etwa 20 Millionen (18 Millionen in der Milchstraße, 2 Millionen außerdem). Nach Mädler haben alle diese Himmelskörper, außer der etwaigen Rotation um die Achse (oder sonstigen Eigenbewegung) auch noch eine Bewegung um ein festes Centrum im Weltenraum²⁾. — Es giebt am gestirnten Himmel eine Sternengruppe — die Plejaden-Gruppe — dicht gedrängt und reich an großen, glänzenden Sternen, wie keine andere. Der Schwerpunkt dieser Gruppe, in dem hellsten, die Mitte einnehmenden Sterne Alcyone — (Gluckhenne mit den Kücheln im Volksmunde, nach Luther's Uebersetzung Hiob 9, 9) — fällt zusammen mit dem Schwerpunkt des gesammten Fixsternhimmels. „Es vereinigt sich Alles dahin“,

1) Ed. von Hartmann's „Philosophie des Unbewußten“ erscheint seit 1869—1871 in dritter vermehrter Auflage, Berlin; trotz des Kriegsjahres.

2) Mädler. Untersuchungen über die Fixsternsysteme. — Populäre Astronomie. S. 415.

sagt Mädler, „diese reiche und glänzende Sterngruppe, neben welcher das ganze Firmament nichts Aehnliches aufzuweisen hat — als das allgemeine Bewegungscentrum anzunehmen für alle die Millionen Sonnen, mit Inbegriff ihrer eignen Systeme und bis zu den entferntesten Regionen der Milchstraße hin“. -- Will man diesen Stern Alcyone „Centralsonne“ nennen, so ist dies nicht so zu verstehen, als ob derselbe ein gleichsam absoluter Centrkörper sei, der dem Fixsternsystem das wäre, was die Sonne ihren Planeten ist. Auch möchten die Umlaufzeiten der Sterne innerhalb dieses Systems durchschnittlich auf etwa 2 Millionen Jahre sich stellen. Freilich wird der Durchmesser der Plejadengruppe schon zu 600,000 Sonnenweiten (à 20 Million. Meilen) bestimmt und das Licht braucht von ihr zu unserer Erde etwa 15 Jahre. — Aber, was bedeutet dies gegen die Entfernung der Sternhaufen, Nebelflecke und Lichtnebel, von denen das Licht Hunderttausende, ja Millionen von Jahren braucht, um zu unserer Erde zu gelangen. Und was W. Herschel und Lord Rosse mit ihren Riesenteleskopen und deren 6000-fachen Vergrößerung nicht möglich wurde festzustellen, das bewirkt jetzt ein kleines, unscheinbares Instrument, das Spectroskop. — Teleskop und Spectroskop geben uns die Mittel an die Hand, selbst in den tiefsten Tiefen des Universums die immer fortgehende Bildung von Weltkörpern aus formlosem Weltstoff — die W. Herschel schon behauptete — die ununterbrochene Entwicklung von Sonnen, Planeten u. s. w. in den verschiedenen Stadien der kosmischen Materie, von den Lichtnebeln durch die Nebelflecke und Sternhaufen hindurch verfolgen zu können. Unendlichkeit freilich überall in Raum und Zeit!

Aber in dieser Unendlichkeit, welcher Reichthum, welche Fülle und Mannichfaltigkeit, und welcher Wechsel von endlichen Dingen, Gestalten und Erscheinungen! — Ueberall Bewegung, Werden, Entwicklung! Und schwer ist es, „den ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht zu entdecken“.

Wir haben eine Erscheinung herausgegriffen aus dem großen Complex des Alls, das Licht betrachtet als eine besondere Art von Bewegung (Molecular-Bewegung), oder als einen bestimmten Thätigkeits-Zustand gewöhnlicher Materie — aber auch als ein Entwicklungsstadium, eine gewisse Form von Naturkraft, die eben so gut Ursache als Folge einer complexen Reihe von andern Naturkräften (oder Erscheinungen) sein kann. — Ja selbst die Schwere kann Licht hervorrufen — und doch bilden die Schwere und das Licht, als Naturkräfte, die größten Gegensätze im Universum. Beide sind zwar demselben Gesetz unterstellt, da ihre Stärke im umgekehrten Verhältniß zum Quadrat der Entfernung von der Quelle abnimmt. — Befunden aber die Sonnen durch die Schwere, daß Alles in ihnen sein soll (in sich gehen), so offenbaren sie durch das Licht, daß sie, überall zu sein, streben. — Die Schwere bringt Bewegung hervor, um zur Ruhe zu gelangen; bricht aber die Materie in Licht aus, so verklärt und zerstört sie sich zugleich. Wir haben dem Wesen des Lichts uns zu nähern gesucht, nach seinem Werden, seiner Entwicklung.

Die Dinge nicht als gegebene, sondern als werdende, fortschreitende anzusehen, — sie in ihrer Geschichte, in ihrem Werden zu erforschen und zu ergründen, — das ist ein neuer, großer Gedanke, — und ein eigentlich deutscher Gedanke — welcher die Grundlage geworden ist für die moderne Entwicklung fast aller Wissenschaften — es ist der genetische Gedanke (die genetische Methode). — Entstanden auf dem Boden des mathematischen Denkens — denn der Mathematiker bedarf vorzugsweise der Construction, d. h. er läßt immer von Neuem seine Gebilde anschaulich entstehen aus gegebenen Bedingungen,

— er erzeugt sie objectiv — war dieser Gedanke schon wiederholt aufgetaucht. Aber zu seiner hohen, durchschlagenden Bedeutung gelangte er erst, als die Naturwissenschaft am Anfang unsers Jahrhunderts sich seiner bemächtigte und zunächst bei der Betrachtung der organischen Natur geltend machte, als man von der Erfahrung geleitet, welche die Geschichte (Morphologie) der Pflanzen, die Verwandlung (Metamorphose) der Insecten und die Entwicklungsgeschichte (Embryologie) der organischen Wesen überhaupt so offenbar vor Augen legte, den Gedanken allgemein faßte, daß Alles einem stetigen Wechsel unterworfen sei.

Es konnte nicht anders sein, als daß auch die gleichzeitige speculative Forschung diesen Gedanken aufnahm und so finden wir ihn am umfassendsten und tiefsten in der Philosophie Hegel's dargestellt. — Hegel lehrt, daß Alles vernünftige Entwicklung ist und er stellt diese Idee metaphysisch als das Weltprincip dar. Daraus mag man ersehen, wie tief dieser Gedanke, daß das ganze Universum sich in der Entwicklung befindet — im deutschen Wesen steckt, wie sehr er ein deutscher ist.

Wir sehen jetzt den genetischen Gedanken in immer größerer Weite bei der Betrachtung des Universums anerkannt und es ist nach Virchow³⁾ nicht eins der kleinsten Verdienste, welche der deutschen Naturforscher-Versammlung gebühren, diesen Gedanken gesichert und ihn allmählig über immer größere Gebiete des Wissens ausgebreitet zu haben.

Daraus darf es nicht mehr Wunder nehmen, wenn die moderne Astronomie aufhört eine bloße Physik der Sterne zu sein, und vielmehr anfängt sich in eine Physiologie der Sterne umzuwandeln. — Und in der That, das interessirt Alle, auch die interesselosesten und trägsten Geister — sie wollen Alle hören von der Entstehung der Weltkörper und der organischen Formen, sie wollen Alle unterwiesen sein, woher Sonne und Planeten, woher Pflanzen und Thiere, woher wir Menschen selber stammen! Und wie mag man dies anders deuten, als daß der Sinn für die Genesis (Entstehung), für das Werden der Dinge in den Geistern erweckt, daß die Idee der Entwicklung in ihnen lebendig ist?

Wir stehen am Schluß unserer vergleichenden mathematisch-physikalischen Betrachtung und wollen nicht unterlassen noch nachdrücklichst darauf hinzuweisen, daß die mathematisch-physikalischen (mechanischen) Bestimmungen für sich allein nicht ausreichen, die Entstehung eines Sonnensystems zu erklären, noch weniger die Entstehung seiner organischen Wesen-Reiche zu begreifen. Es hat das naturwissenschaftliche Denken seine Grenzen und ist bis jetzt nicht zureichend erfunden, das Universum zu erfassen und zu deuten.

Damit hängt dann auch noch ein Anderes zusammen, was Kant trefflich in folgende Worte eingeschlossen hat⁴⁾:

„Zwei Dinge sind es vor Allem, welche das Gemüth des Menschen immer von Neuem mit staunender Bewunderung erfüllen: es ist der gestirnte Himmel über uns, und der kategorische Imperativ, das Gewissen, in uns“.

3) Virchow. Aufgabe der Naturwissenschaften. Rede bei der Versammlung deutscher Naturforscher zu Rostock. 1871.

4) J. Kant. Kritik der praktischen Vernunft.

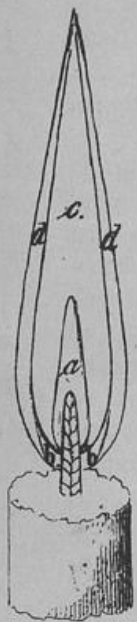
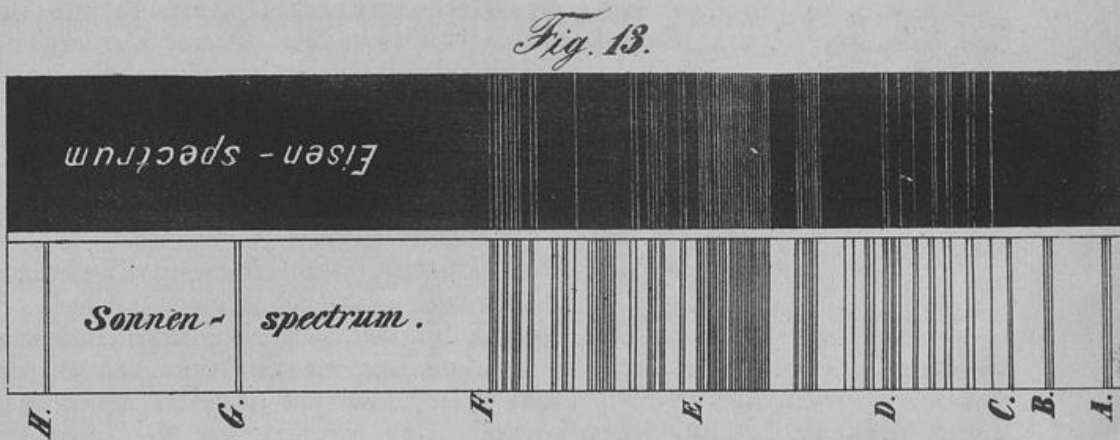
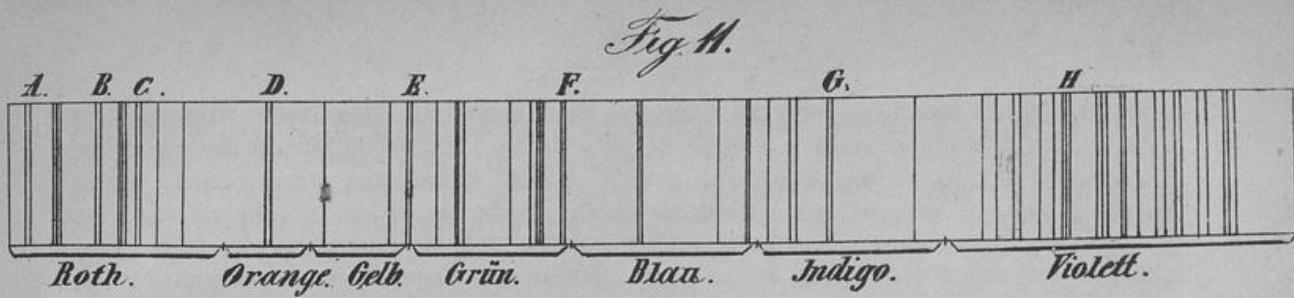


Fig. 15.

Fig. 12.

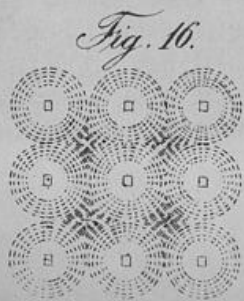
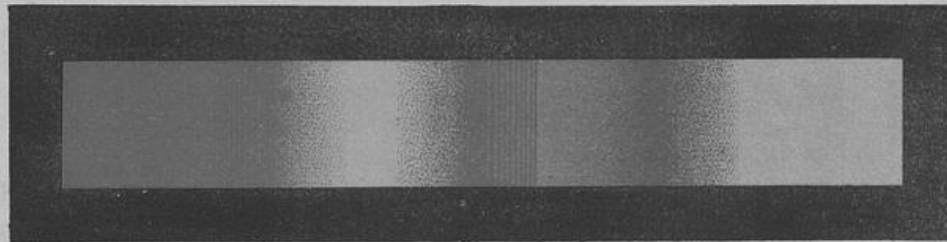


Fig. 14.



